



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

HENRI HIMANEN

CE- MERKINTÄ KANTAVISSA TERÄSRAKENTEISSA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Paula H. Andersson

Tarkastaja ja aihe hyväksytty

Teknisten tieteiden tiedekunnan tiedekuntaneuvoston kokouksessa 4. syyskuuta 2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Konetekniikan koulutusohjelma

HIMANEN, HENRI: CE- merkintä kantavissa teräsrakenteissa

Diplomityö, 76 sivua, 11 liitesivua

Marraskuu 2013

Pääaine: Tuotekehitys

Tarkastaja: professori Paul H. Andersson

Avainsanat: CE- merkintä, laadunvalvontajärjestelmä, vaatimustenmukaisuus, kantavat teräs- ja alumiinirakenteet, hitsaus, plasmaleikkaus, vesisuihkuleikkaus, prosessien hallinta.

Kesällä 2014 loppuu siirtymäaika rakennustuoteasetuksen mukaisen CE- merkinnän kiinnittämiseen kantaviin teräs- ja alumiinirakenteisiin. Työn tarkoituksena oli kehittää laadunvalvontajärjestelmä täyttämään EN-standardien vaatimustenmukaisuus Fetek Oy:n tarpeisiin. EN-standardin mukaisen laadunvalvontajärjestelmä on edellytys CE-merkinnän saamiselle kantaville teräs- ja alumiinirakenteille. CE- merkintä vaatii myös kolmannen osapuolen valvontaa.

CE- merkintä kantaville teräs- ja alumiinirakenteille perustuu standardisarjaan SFS-EN ISO 1090. Standardisarja esittää vaatimukset hitsaukselle, leikkaukselle, mekaaniselle kiinnittämiseksi, esikäsitteilylle sekä asentamiselle. CE- merkintään vaativat toiminnot ovat esitetty standardin SFS-EN ISO 1090-1 liitteessä ZA, joka on standardin harmonisointiosa.

Työssä käsiteltävän laadunvalvontajärjestelmän luomiseksi tuli ensin kartoittaa prosessien kehittämistä ja laadunvalvonnan tekemistä konepaja ympäristössä. Suurin huomio tiedonhaussa keskittyi laadunvalvontajärjestelmän vaatimuksiin CE- merkinnän mukaisesti, joihin kuului työmenetelmien tarkastamiset ja menetelmäkokeet. Lisäksi tietoa haettiin työmenetelmistä, rakenteiden ominaisuuksista ja prosessien kehittämisestä.

Työn tekeminen oli tutustua yrityksen toimintaan, kehittää prosesseja ja luoda yritykselle toimiva laadunvalvontajärjestelmä. Tärkeintä oli luoda laadunvalvontajärjestelmä, joka ei rasittaisi liikaa yrityksen jokapäiväistä toimintaa. Ehdoton edellytys järjestelmälle oli toteuttaa standardin SFS-EN ISO 1090-1 vaatimukset.

Työn tuloksena saatiin luotua laadunvalvontajärjestelmä yrityksen tarpeisiin, jolle voidaan myöhemmin hakea CE- merkintä. Laadunvalvontajärjestelmä toteuttaa standardien vaatimukset, sekä on osana yrityksen laatu järjestelmää. CE- merkinnän on tarkoitus mahdollistaa yrityksen toiminta kantavien teräsrakenteiden tekijänä heinäkuun 2014 jälkeen.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Information Technology

HIMANEN, HENRI: CE- mark for load-bearing steel structures

Master of Science Thesis, 76 pages, 11 Appendix pages

November 2013

Major: Product Development

Examiner: Professor Paul H. Andersson

Keywords: CE- mark, Factory production control system, declaration of performance, load-bearing steel and aluminium structures, welding, plasma cutting, water jet cutting, process management.

Transition time will come to the end in the summer of 2014 for the CE- approval for load-bearing steel and aluminium structures following by Construction Products Regulation. The aim of the project was to improve FPC- system (Factory production control) to satisfied EN-standards for the Fetek Oy. FPC-system is mandatory for to get CE- approval for load-bearing steel and aluminium structures. CE- approval demand supervision of notified body.

CE- approval for load-bearing steel and aluminium structures is based EN ISO 1090 standards. Standards offer requirements for welding, cutting, mechanical implantation, preparation and installation. Requirements for the CE- approval is showed in the harmonized part ZA of the standard EN ISO 1090-1.

At first was found information about process development and quality control for to create FPC- system. The biggest job was find information about requirements to create FPC- system to get CE- approval, what require check working methods and procedure tests. Information was also found about manufacturing processes, quality of structures and process development.

The tasks during the work was familiarize with processes in the company, develop processes and to develop FPC- system. The most important part was to develop FPC- system, what doesn't complicate every day work at the company. FPC- system must meet requirements of standard EN ISO 1090-1.

The final outcome of project was FPC- system what meets requirements CE- approval. FPC- system is part of quality system of the company. CE- approval makes possible to company to continue production of load-bearing steel and aluminium structures after july 2014.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisessä yliopistossa Fetek Oy:lle.

Haluan esittää suuret kiitokset diplomityöni tarkastajalle Paul H. Anderssonille asiantuntevasta ohjauksesta, opastuksesta sekä diplomityön kirjoittamiseen liittyvistä neuvoista. Kiitokset kuuluvat myös diplomityön tilaajalle Fetek Oy:lle ja erityisesti sen toimitusjohtaja Jukka Mäkelällä, sekä yrityksen puolelta työn tekemisessä paljon avustaneelle Antti Hautalalle.

Lisäksi haluan kiittää vanhempiani opiskelujeni tukemisesta, sekä kaikkia ystäviä jotka ovat olleet suuri henkinen apu opiskelujen varrella. Lisäksi erityiskiitokset TTY:n jääkiekkjoukkue Hiki- Hockeylle sekä TUrVoKe Ry:lle, jotka mahdollistivat erityisen läheisen harrastuksen jatkamisen opiskelujen ohessa.

SISÄLLYS

Abstract	iii
Termit ja niiden määritelmät	vii
1 Johdanto.....	1
2 Teoria.....	3
2.1 Kantavat rakenteet.....	3
2.1.1 Teräsrakenteet	3
2.1.2 Alumiinirakenteet	7
2.1.3 Muut kantavat rakenteet.....	10
2.2 Työn kannalta olennaiset valmistusmenetelmät.....	12
2.2.1 Vesisuihkuleikkaus.....	13
2.2.2 Plasmaleikkaus	15
2.2.3 Hitsaus	16
2.2.4 Lastuaminen	20
2.3 CE- menettely.....	24
2.3.1 Harmonisoitu tuotestandardi	25
2.3.2 Vaatimustenmukaisuus	26
2.3.3 Toteutuseritelmä.....	28
2.3.4 Alkutestaus.....	28
2.3.5 Tuoteperheet.....	29
2.4 Laadunvalvontajärjestelmä	31
2.5 Tuotannon mittarit	37
3 Nykytilanne.....	47
3.1 Prosessit	48
3.2 Työlaitteet	51
3.3 Laadunvalvonta	52
3.4 Nykytilan arviointi	54
4 Kehittäminen.....	56
4.1 Muutosten toteuttaminen	56
4.1.1 Prosessikuvaukset.....	56
4.1.2 Työ- ja toimintaohjeistukset.....	57
4.1.3 Laadunvalvontajärjestelmä	59
4.1.4 Menetelmäkokeet ja pätevyudet.....	62
4.2 Vakiointi ja standardointi.....	63
4.3 Perehdyttäminen.....	63
4.4 CE- hyväksyntä	64
5 Tulokset	65
5.1 CE- merkinnän vaikutus tuotantoon.....	65
5.2 Laatuajattelun muutokset.....	67
5.3 Yrityksen toiminnan muutokset	67
6 Johtopäätökset ja jatkokehitys	69

Lähteet.....	74
Liite 1	77
Liite 2	80
Liite 3	83

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Abrasiivi	Vesisuihkuleikkauksessa veden sekaan sekoitettava hiova aine.
AVCP- luokka	Rakennustuotteen suoritustason pysyvyyden arvioinnissa ja varmentamisessa käytettävät menettelyt määräytyvät AVCP- luokan mukaan.
CEN	Yksityinen voittoa tavoittelematon järjestö, jonka päätehtävinä on edistää eurooppalaista standardisointia.
CE- merkintä	Valmistajan vakuutus tuotteelle asetettujen vaatimusten- ja määräystenmukaisuuden täyttymiselle.
DOE	
Ei- vaatimustenmukainen tuote	Tuote joka ei täytä sille asetettuja vaatimuksia.
ETA	Eurooppalainen tekninen hyväksyntä.
ETAG	Eurooppalaisen teknisen hyväksynnän toimintaohje.
FPC- järjestelmä	Laadunvalvontajärjestelmä huolehtimaan tehtaan laadunvalvonnan suorittamisesta standardin SFS EN 1090-1.
Harmonisoitu tuotestandardi	Eurooppalaisen standardisimisjärjestön CENin laatima CE- merkintään johtava tuotestandardi, josta on julkaistu ilmoitus komission virallisessa lehdessä.
Hitsattavuus	Metallisen materiaalin ominaisuus, joka annetun hitsausprosessin käytössä annettua tarkoitusta varten tekee sen, että jatkuva metallinen liitos voidaan saada aikaiseksi sopivalla menettelyllä, jolloin hitsin pitää täyttää paikalliset vaatimukset ja niiden vaikutus rakenteeseen, johon se sisältyy.
Hitsausohje(WPS)	Hitsauksen suorittamista ohjaava ohje, joka antaa tarvittavat tiedot hitsaajalle hitsauksen suorittamiseen.
Hukka	Tuottamaton toiminto, jota pyritään poistamaan Lean-ajattelussa. Ilmoitettu laitos Kansallisten viranomaisten nimittämä puolueeton laitos, jolla on lupa suorittaa vaatimustenmukaisuudenarviointeja
JIT	Just-In-Time on teollisuudessa ja kaupassa käytetty johtamisfilosofia - logistinen tuotannonohjaus- ja varastonhallintastrategia, jonka tarkoituksena on

	parantaa tehokkuutta tuotanto- tai myyntiprosessin kokonaisuudessa.
JOT	Juuri Oikeaan Tarpeeseen antaa asiakkaille sitä mitä he haluavat, silloin kun he sitä haluavat.
Kanban	Kanban liittyy visuaalisiin työkaluihin, jotka kuvaavat jonkun tarkasteltavan asian todellista tilaa. Sitä käytetään signaloimaan imujärjestelmässä, koska tuotannon tulisi alkaa.
Kantava rakenne	Rakenne, joka kantaa tai vastaanottaa voimia rakennuksissa.
Laatuympyrä	Jatkuvan parantamisen työkalu kehittämään yrityksen ja tuotannon toimintaa. Lujuus Materiaalin ominaisuus, joka kertoo sen kyvystä vastustaa siihen kohdistuvien voimien pyrkimystä muuttaa sen muotoa tai rikkoo se.
Menetelmäkoe	Hitsausohjeen hyväksyntään käytettävä menetelmä, jonka tarkoitus on osoittaa hitsausohjeen hitseille tuottamat ominaisuudet tarpeenmukaisiksi.
MPCS	Valmistajan tekemä toteutuseritelmä osoittamaan tuotteen vaatimustenmukaisuus.
NDT- tarkastus	Materiaalille tai liitokselle tehtävä rikkomaton aineenkoetustarkastus osoittamaan sen vaatimustenmukaisuus.
Poikkeavuus	Tuotannossa ilmenevä tapahtuma, jota ei ole ennalta suunniteltu ja se vaikuttaa tuotteen tekemiseen tai lopputulokseen.
PPCS	Ostajan tekemä toteutuseritelmä osoittamaan tuotteen vaatimustenmukaisuus.
Rakennustuoteasetus	Rakennustuotedirektiivinkorvaaja, jonka avulla pyritään paremmin saavuttamaan rakennustuotedirektiiville asetetut tavoitteet.
Rakennustuotedirektiivi	Direktiivin tarkoituksena on poistaa kaupan tekniset esteet ja taata rakennustuotteille vapaa liikkuvuus sekä luoda edellytykset valmistajien markkinoille pääsyle Euroopan talousalueella.
SMED	SMED on lyhenne sanoista Single Minute Exchange of Dies. SMED liittyy asetusajan vähentämiseen vaihdettaessa tuotannossa olevaa tuotetta seuraavaan.
TOC	Theory of Constraints on ajattelutapa, jolla pyritään hallitsemaan eri asioita paremmin, jotta niille asetetut tavoitteet saavutetaan.

Vaativuudenmukaisuusvakuutus	Rakennustuotetiedon mukainen todistus rakennustuotteen ominaisista.
F	Voima
γ	Nesteen ominaispaino
ρ	Nesteen tiheys
g	Putoamiskiikkyvyys
Q	Tilavuusvirta
A	Suuttimen poikkipinta-ala
p	Pumpun kehittämä paine
V_x	Leikkausnopeus
L	Leikkausteho
D_x	Materiaalin paksuus
F_t	Päälastuamisvoima
k_s	Ominaislastuamisvoima
A_l	Pinta-ala
P	Lastuamisteho
η	Hyötysuhde

1 JOHDANTO

Rakennusten turvallisuus ja kestävyys vaatimusten mukaan on yksi rakentamisen keskeisiä päätarkoituksia tällä hetkellä. Rakennustuotteiden valvonta ja tarkistaminen on keskeisessä roolissa, kun halutaan varmistua tuotteiden laadusta ja vaatimustenmukaisuudesta. Tämän työn tarkoitus on luoda kohde yritykselle laadunvalvontajärjestelmä pitämään huolta jatkuvasta laadun tuottamisesta ja tuotteiden vaatimustenmukaisuuden täyttymisestä. Laadunvalvontajärjestelmällä valvotaan erityisesti kantavien rakenteiden valmistusta yrityksessä.

Euroopan unioni on tästä syystä luonut direktiivin rakennustuotteiden valvontaa varten. Direktiivi on muuttunut asetukseksi ja sen tarkoitus on yhdenmukaistaa toimintaa Euroopan Unionin alueella, sekä vapauttaa kilpailua. Rakennustuoteasetuksen on tarkoitus edellyttää yrityksiltä tuotteiden systemaattista laadunvalvontaa.

Työ tuli ajankohtaiseksi Euroopan Unionin voimaan tulevan rakennustuoteasetuksen johdosta. Asetus vaatii kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden olevan CE- merkittyjä vuoden 2014 heinäkuusta lähtien. CE- merkintäoikeuden saaminen edellyttää yritykseltä jatkuvaa laadunvalvontaa ja vaatimustenmukaisuuden täyttämistä. Kolmannen osapuolen valvonta on näiden varmistamisessa keskeisessä asemassa. Kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden vaatimukset annetaan EN- standardeissa, joiden mukaan tulee toimia. Ne edellyttävät yritykseltä laadunvalvontajärjestelmän ylläpitoa ja tuotetestausta.

Työ tehtiin Fetek Oy:ssä yhteistyössä yrityksen laatuvaastaavan ja toimitusjohtajan kanssa. Fetek Oy valmistaa kantavia teräs- ja alumiinirakenteita, joten laadunvalvontajärjestelmän luominen yritykseen tuli ajankohtaiseksi varmistamaan yrityksen toiminta CE- merkinnän pakolliseksi tulemisen jälkeen. Lisäksi yritys halusi päivittää laatujärjestelmänsä CE- merkinnän vaatimusten mukaan.

Ensisijaisena tutkimustyönä oli kehittää laadunvalvontajärjestelmä Fetek Oy:lle pohjautuen vaadittaviin standardeihin, sekä täyttämään CE- merkinnän vaatimukset. Lisäksi tutkimustyötä tehtiin valmistusmenetelmien käytöstä, laadunvalvontajärjestelmän luomisesta ja tuotannon mittareiden käytöstä osana laadunvalvontaa. Tutkimuksessa tutustuttiin kirjallisuuteen kyseisistä aiheista ja aineistoa käytettiin hyväksi laadunvalvontajärjestelmän luomisessa. Laadunvalvontajärjestelmän tulisi olla CE- merkinnän vaatimuksissa esitetyn kolmannen puolen hyväksynnän mukainen.

Työn tavoitteena oli luoda CE- merkintä valmius yritykselle. CE- merkintä valmius vaatii sekä laadunvalvontajärjestelmää, että tuotteiden alkutestausta. Laadunvalvontajärjestelmä tultaisiin sertifioimaan kolmannen osapuolen toimesta tulevaisuudessa.

Tavoitteena laadunvalvontajärjestelmälle on sen keveys. Se ei saisi tuottaa liikaa lisätyötä toimihenkilöille tai työntekijöille. Lisäksi tavoitteena on yhdenmukaistaa ja järkevöittää yrityksen toimintaa kaikilla sen toimialueilla.

Ensimmäinen vaihe työssä on tutustua lähdemateriaaliin ja yrityksen toimintaan. Yrityksen toimintaan tutustuminen tehdään haastattelemalla työntekijöitä, sekä seuraamalla Fetek Oy:n tuotannon toimimista. Yrityksen laatujärjestelmän ja muiden tallenteiden läpi käyminen on myös osa tutustumista yrityksen toimintaan. Lähdemateriaaleina käydään lävitse CE- merkinnän vaatimuksia, työmenetelmiä, työkappaleiden ominaisuuksia, sekä tuotannon toiminnan järkevöittämistä.

Lähdemateriaaliin ja yrityksen toimintaan tutustumisen jälkeen tehdään nykytilanneanalyysi, jonka pohjalta lähdetään toteuttamaan tarvittavia muutoksia. Muutoksista päätetään yhdessä yritysjohtajan, sekä laatuvalvontajien kanssa. Muutostarpeiden perusteella luodaan laadunvalvontajärjestelmä yritykselle, sekä varmistetaan CE- merkintä valmis.

Viimeinen vaihe työtä laadunvalvontajärjestelmän luomisen jälkeen on perehdyttää työntekijät järjestelmän käyttöön, sekä pohtia työn tuloksia ja jatkokehitys mahdollisuuksia. Työntekijöiden perehdytys on osa järjestelmän sisäistä yrityksen toimintaa. Toiminnan muuttaminen on pitkä prosessi, eikä se tapahdu ainoastaan työntekijöitä kouluttamalla vaan toimintaa tulee myös valvoa.

Lopuksi on myös syytä pohtia työn tavoitteiden saavuttamista, sekä mahdollisuuksia hyödyntää työssä tullutta tietoa jatkossa. Työssä on mahdollista oppia uutta, jota kilpailijoilla ei vielä ole käytössä. Pohdinnat käydään läpi diplomityön viimeisessä luvussa.

2 TEORIA

Teoriaosiossa perehdytään työnkannalta olennaisten teorioiden, periaatteiden, standardien ja muuhun työhön liittyvän kirjallisen materiaalin asioihin. Osiossa käsitellään kantavia rakenteita, valmistusmenetelmiä, CE- merkinnän vaatimuksia, laadunvalvontajärjestelmää ja tuotannon mittaristoja. Kantavista rakenteista perehdytään erityisesti kantaan teräs- ja alumiinirakenteisiin ja hieman kyseisten aineiden ominaisuuksiin. Kohdassa 2.1.3 esitellään myös muita mahdollisuuksia valmistaa kantavia rakenteita.

Valmistusmenetelmät luvussa perehdytään työn kannalta olennaisten valmistusmenetelmien periaatteisiin. Tällaisia menetelmiä ovat vesi- ja plasmaleikkaus, hitsaus sekä lastuaminen. CE- merkintäosiossa tarkastellaan merkinnän kannalta olennaiset vaatimukset lukuun ottamatta laadunvalvontajärjestelmää, joka on oma kokoisuutensa laajuutensa vuoksi. Teorian viimeisessä osiossa esitetään tuotannon mittaristoja, joilla pystytään mittaamaan toiminnan laatua.

Teorioiden on tavoite tukea varsinaisen muutostyön ymmärtämistä ja avata CE-merkinnän kannalta olennaisen laadunvalvontajärjestelmän rakentamisen lähtökohtia. Teorioita tarkastellaan hieman laajemmin, jotta kokonaiskuva tehdystä työstä olisi laajempi ja antaisi lukijalle mielikuvan laadunvalvontajärjestelmän rakentamisesta eri periaatteiden pohjalta kyseisessä työympäristössä. Teräsrakentamisen periaatteet ja valmistusmenetelmät tulevat esiteltä työn vaatimalla tarkkuudella

2.1 Kantavat rakenteet

Diplomityön aiheena on CE- merkintä kantavissa rakenteissa, joista pääasiassa keskitytään kantaviin teräs- ja alumiinirakenteisiin. Luvussa 2.1 kantavat rakenteet käsitellään näiden materiaalien ominaisuuksia, valmistusta ja käyttötarkoitusta erilaisissa rakenteissa. Kantaviin teräs- ja alumiinirakenteisiin kuuluvat rakenteet, jotka kantavat kuormaa rakenteissa ja lisäksi esimerkiksi kaiteet ja portaat.

2.1.1 Teräsrakenteet

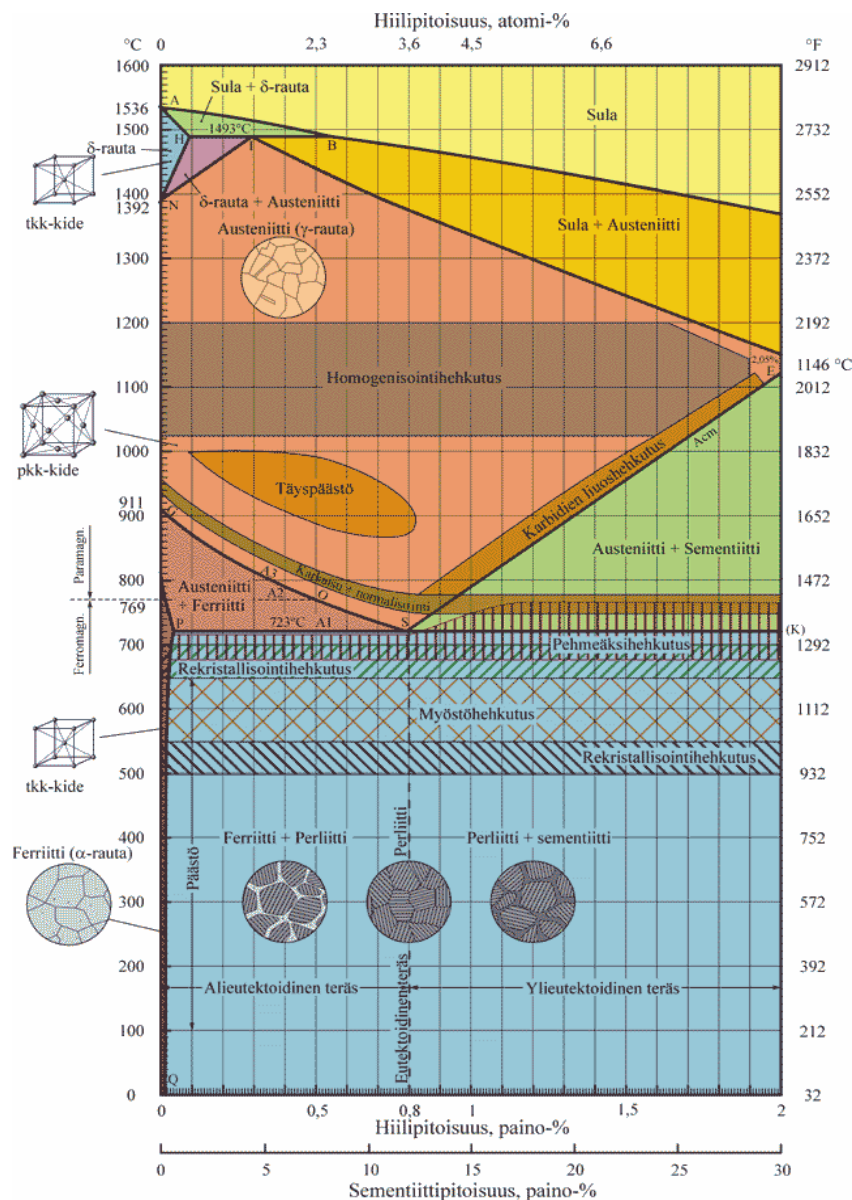
Teräs on konepaja- ja rakennusteollisuuden perusraaka-aine. Sen ominaisuudet sopivat suunnittelijoiden, rakentajien ja konepajojen tarpeisiin vaativissa kohteissa ja kovissa olosuhteissa. Teräksen ominaisuuksia ovat (Tampereen teknillinen yliopisto 2005):

- lujuus,
- iskutkeys,
- hitsattavuus,

- särmättävyys,
- kuumasinkittävyys.

Perusraaka-aineen mitat, pinnanlaatu ja tasomaisuus pystytään takaamaan valmistuksessa. (Koivisto et al. 2010)

Teräs on rautametalli, jonka hiilipitoisuus on alle 2,1 %. Jos hiilipitoisuus ylittää arvon, on kyse valuraudasta. Teräksen ominaisuudet riippuvat voimakkaasti sen hiilipitoisuudesta, seosaineista sekä valmistusparametreistä. Hiiliteräksen mikrorakennetta voidaan kuvata faasien avulla. Eri faaseja ovat α -ferriitti, γ -austeniitti, sementiitti, bainiitti, martensiitti, perliitti ja δ -ferriitti, joista viimeinen on vailla käytännön merkitystä. Hiilipitoisuuden, faasien ja lämpötilan yhteyksiä esitetään kuvassa 2.1. Piirros on oikea vain puhtaalle raudan ja hiilen seokselle, mutta sitä voidaan soveltaa myös niukasti seostetuille teräksille. (Koivisto et al. 2010; Kinnunen et al. 2001)



Kuva 2.1 Raudan faasien muodostumislämpötilat ja hiilipitoisuudet. (Tampereen teknillinen yliopisto 2005)

α -ferriitti on raudan tilakeskeinen kuutiollinen (tkk) kiderakenne, joka on vakaimmillaan huoneenlämmössä. Se esiintyy alle 910 °C lämpötilassa ja liuottaa itseensä enintään 0,02 % hiiltä. Mekaanisilta ominaisuuksiltaan ferriitti on pehmeää, eikä se lujitu sitä muokattaessa voimakkaasti. (Koivisto et al. 2010)

γ -austeniitti on pintakeskeinen kuutiollinen (pkk) kiderakenne, jota esiintyy yli 910 °C lämpötilassa. Se liuottaa hiiltä aina 2,1 % hiilipitoisuuteen asti (austeniitin maksimumissaan liuottama hiilen määrä on siis samalla teräksen ja valuraudan eron määrittelevä hiilipitoisuus). Austeniitti on mekaanisilta ominaisuuksiltaan pehmeää ja sitkeää ja se lujittuu erittäin voimakkaasti muokatessa. (Koivisto et al. 2010)

Sementtiitti on rautakarbidi Fe_3C , joka on ominaisuuksiltaan kovaa ja haurasta. Tarkkaan ottaen kyseessä on metastabiili Fe- Fe_3C tasapainopiirros. Pysyvässä rakenteessa rautakarbidin tilalla olisi hiili. Stabiilia Fe-C tasapainopiirrosta voidaan käyttää valurautojen tarkasteluun, mutta teräksissä hiili on joko jähmeänä liuoksena tai sementtiittinä. Sementtiitti syntyy hiilen ylijäämästä ylikylläisen austeniitin jäähtyessä hitaasti muuttuen ferriitiksi. (Koivisto et al. 2010)

Perliitti on lamellimaista ferriitin ja sementiitin seosta. Se muodostuu austeenin muuttuessa ferriitiksi ja sementiitiksi hitaassa jäähtymisessä. Perliitti on ferriittiä lujempaa, mutta silti sitkeää eli se yhdistää ferriitin ja sementiitin ominaisuudet. (Tampereen teknillinen yliopisto 2005)

Terästä seostetaan hiilen lisäksi muilla aineilla, haluttujen ominaisuuksien saavuttamiseksi. Yleisimpiä seosaineita ovat: nikkeli, kromi, koboltti, pii, molybdeeni, volframi, vanadiini ja alumiini. Seosaineilla pyritään vahvistamaan teräksen ominaisuuksia ja antaa sille sään ja korroosion kestävyyttä. (Lepola & Makkonen 2008)

Terästä voidaan luokitella koostumuksen, käyttötarkoituksen, hitsattavuuden tai valmistustavan ja ominaisuuksien mukaan. Kun luokitellaan koostumuksen mukaan, eri luokkia ovat (Koivisto et al. 2010):

- seostamattomat teräkset eli hiiliteräkset (niukkahiiliset, keskihiiliset ja runsas hiiliset),
- niukasti seostetut teräkset,
- seostetut teräkset,
- mangaaniteräkset.

Luokiteltaessa käyttötarkoituksen mukaan ryhmiä ovat (Koivisto et al. 2010):

- rakenneteräkset,
- betoniteräkset,
- työkaluteräkset,
- pikateräkset,
- syvävetoteräkset.

Luokiteltaessa valmistustavan ja ominaisuuksien mukaan (Koivisto et al. 2010):

- suurlujuuksiset matalaseosteiset teräkset (HSLA-teräkset),
- säänkestävät teräkset,
- kuumalujat teräkset,

- tulenkestävät teräkset,
- ruostumattomat teräkset,
- nuorrutusteräkset,
- hiiletys- ja typetyskarkaistut teräkset. (Kinnunen et al. 2001)

CE- merkinnän kannalta olennaisin luokittelutyyppi on hitsattavuus. Hitsattavuuden kannalta luokittelu vaikuttaa suoraan hitsauksen laadunvalvontaan ja luokittelua voidaan käyttää pohjana myös muulle laadunvalvonnalle kantavissa teräs- ja alumiinirakenteissa. Liitteessä 1 on esitetty hitsattavuuden perusteella tehty terästen erittely eri ryhmiin. (CEN ISO/TR 2013)

Teräkset nimetään Standardin SFS-EN 10027-1 Terästen nimikejärjestelmät mukaisesti. Teräksen nimike muodostuu päätunnuksista ja mahdollisista lisätunnuksista, jotka määrittelevät muun muassa teräksen laatuluokan. Rakenneteräksillä päätunnuksen muodostaa kirjain S, jonka perään liitetään ohuimman paksuusalueen myötölujuuden vähimmäisarvo. Myötölujuuden arvon yksikkönä käytetään N/mm^2 . Lisätunnuksista ensimmäisenä ilmoitetaan iskutikeydestä ja transitiolämpötilasta riippuva laatuluokka sekä tiivistystapa(G). Perään voidaan vielä liittää tunnus, jolla voidaan ilmaista säänkestävyyttä (W), soveltuvuutta kylmämuokkaukseen (C) tai että kyseessä on putkipalkki (H). Teräksen merkintä voi esimerkiksi olla EN 10025 – S355J2G3. (Kinnunen et al. 2001)

Taulukossa 2.2 on esitetty laatuluokat kuumavalssatuille teräksille. Hienoraeteräksille laatuluokat ovat N, M, NL ja ML. N on normalisoitu tai normalisointivalssattu, M on termomekaanisesti valssattu teräs. Laatuluokille N ja M iskutikeyden testauslämpötila on $-20^{\circ}C$ ja laatuluokille NL ja ML $-50^{\circ}C$. (Kinnunen et al. 2001)

Taulukko 2.2 Kuumavalssattujen terästen laatuluokat. (Kinnunen et al. 2001)

Testauslämpötila ($^{\circ}C$)	Iskutikeysvaatimus		
	27 J	40 J	60 J
20	JR	KR	LR
0	J0	K0	L0
-20	J2	K2	L2
-30	J3	K3	L3
-40	J4	K4	L4
-50	J5	K5	L5
-60	J6	K6	L6

Tiivistämistapa ilmaistaan tunnuksella G ja perään liitetään numero ilmaisemaan tiivistystyyppiä seuraavasti(Kinnunen et al. 2001):

- G1 tiivistämätön,
- G2 tiivistämätön ei ole sallittu,
- G3 tyyppiä sitovilla aineilla tiivistetty ja levytuotteet normalisoitu,
- G4 tyyppiä sitovilla aineilla tiivistetty.

Terästä voidaan käyttää teräsrakenteissa (rakennusteollisuus), siltarakenteissa, nosturirakenteissa, koneissa, laivanrakennuksessa ja painelaitteissa. Diplomityö käsittelee kantavia teräsrakenteita, joten se keskittyy niiden käyttökohteisiin. Erilaisia terästuotteita käytössä ovat kuumavalssatut levyt, kuumavalssatut muototangot, putket ja palkit, hitsatut teräspalkit, kylmämuovatut profiilit ja ohutlevyt. (Lepola & Makkonen 2008; Kinnunen et al. 2001)

Teräsrakenteita voidaan valmistaa ja käsitellä terästuotteista kylmä- ja kuuma muovaamalla, hitsaamalla, lämpökäsittelyllä, pintakäsittelyllä (maalaukset ja sinkitys), lastuamalla, leikkaamalla ja mekaanisesti kiinnittämällä. Luvussa 2.2. käsitellään tarkemmin näitä valmistusmenetelmiä olennaisilta osin. (Kinnunen et al. 2001)

Teräsrakenteiden rakennesuunnittelun tärkeimmät osatehtävät ovat rungon valinta, rakenneosien mitoitus, liitosten suunnittelu, rakenteiden jäykistämisen suunnittelu, pintakäsittelyn suunnittelu. Rungon valinta käsittää runkojärjestelmän, päämittojen, liitostapojen sekä käytettävien aineiden ja tarvikkeiden valinnan. Rakenneosia mitoitettaessa ja liitoksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon seuraavat seikat (Kinnunen et al. 2001):

- taloudellisuus,
- kuormien aiheuttamat rasitukset,
- muodonmuutokset,
- palonkestävyys,
- konepajavalmistus,
- pintakäsittelyt,
- kuljetus ja asennus.

Teräsrakenteiden liitoksilla on varsin tärkeä merkitys, sillä niiden osuus sekä suunnittelu- että valmistustyöstä on huomattava. Liitostapa ja liitoksien muotoilu vaikuttavat voimasuureiden jakautumiseen ja rakenteen toimintatapaan sekä kustannuksiin. Yksityiskohtien suunnittelu on myös olennaisessa osassa, sillä teräsrakenteille luonteenomaiset keveät ja hoikat rakenneosat tarvitsevat lähes poikkeuksetta erilaisia jäykisteitä toimiakseen oikein. (Kinnunen et al. 2001)

2.1.2 Alumiinirakenteet

Alumiinia ja alumiiniseoksia käytetään rakentamiseen sekä valettuina, pursotettuina että muokattuina valmisteina. Alumiinin lujuusominaisuuksiin vaikutetaan seostuksella. Yleisimmin käytettyjä seosaineita ovat kupari, pii (silumiinit), magnesium (duralumiinit) ja sinkki. Taulukossa 2.3 on esitetty eri seosaineiden vaikutusta alumiinin ominaisuuksiin. Seostuksella pyritään vaikuttamaan ensisijaisesti alumiinin lujuus- ja sitkeysominaisuuksiin, mutta myös valettavuuteen, koneistettavuuteen ja korroosion kestoon. (Koivisto et al. 2010; Kinos et al. 1998)

Taulukko 2.3 Seosaineiden vaikutus alumiinin ominaisuuksiin. (Tampereen teknillinen yliopisto 2005)

Seosaine	Vaikutus ominaisuuksiin
Kupari (Cu)	Tekee seoksista karkenevia, siis lisää lujuutta ja kovuutta, haitallinen vaikutus korroosionkestävyyteen
Pii (Si)	Alentaa sulamispistettä ja parantaa juoksevuutta, yhdessä magnesiumin kanssa antaa tulokseksi karkenevia seoksia, joilla on hyvä korroosiokestävyys
Magnesium (Mg)	Parantaa lujuutta ja kovuutta vaikuttamatta korroosionkestävyyteen ja hitsattavuuteen
Mangaani (Mn)	Lisää lujuutta vaikuttamatta haitallisesti sitkeyteen
Pb, Ti, Zr, Li	Työstöominaisuuksien parantaminen, kuumahalkeilun välttäminen, lujuus jne.

Alumiiniseosten ominaisuudet vaihtelevat käsittelytilan mukaan. Toimitustilamerkinnoillä ilmoitetaan seosten toimitustilat. Merkinnot liitetään seoksille käytettävien merkien perään ja ne koostuvat kirjaimista sekä numeroista. Alumiiniseosten merkintä sisältää kaikkien tuotteen muodon, seosmerkinnän, toimitustilamerkin ja standardinumeron. (Koivisto et al. 2010)

Puhtaan alumiinin lujuusarvot ovat vaatimattomia, mutta arvoja voidaan parantaa seostuksella. Parhaiden alumiiniseosten lujuus on nuorrutusterästen lujuuden luokkaa. Kylmämuokkaus ja seostettujen alumiinien lämpökäsittely ovat keinoja vaikuttaa alumiinin lujuusarvoihin. Alumiinin hyötyominaisuuksia verrattuna rakenneteräksiin, kupariin ja ruostumattomiin teräksiin ovat (Koivisto et al. 2010):

- keveys,
- lujuus,
- korroosionkestävyys,
- työstettävyys,
- johtavuus,
- taloudellisuus,
- hygieenisuus,
- kipinättömyys,
- valonheijastuskyky,
- antimagneettisuus.

Heikoimpia ominaisuuksia ovat korkeimman käyttölämpötilan alhaisuus, alumiinimetallien pienempi kovuus kuin rautametalleilla sekä alumiinilla on pienempi kimmomoduli kuin rautametalleilla. (Koivisto et al. 2010)

Alumiini on hitsattavissa kaikilla tunnetuilla hitsausmenetelmillä. Yleisesti kumminkin käytetään miltei yksinomaan TIG- ja MIG- hitsausta. Alumiinin hitsaukseen liittyy kuitenkin runsaasti hitsausta vaikeuttavia tekijöitä, jotka puutteellisesti huomioon otettuina saattavat johtaa huonoon lopputulokseen. Näitä ominaisuuksia ovat (Koivisto et al. 2010):

- Alumiinin ja sen seosten alhainen sulamispiste (660...565 °C) sekä sulaminen ilman värimuutosta.
- Alumiinin pinnan oksidikerroksen sulamispiste on korkea, yli 2000 °C.
- Alumiinin lämpölaajenemiskerroin on suuri.
- Alumiinin lämmönjohtavuus on suuri.
- Vedyn liukoisuus sulaan alumiiniin on suuri.
- Seoksesta riippuen saattaa jähmettymismekanismista johtuen rakenteeseen muodostua huokosia, kuumahalkeamia tai kutistumiskaloja rakenteeseen.

Hitsaus heikentää kylmämuokattujen ja karkaistujen rakenteiden lujuutta, mutta pehmeäksi hehkutettujen rakenteiden lujuuteen sillä ei ole vaikutusta. Alumiini voidaan jakaa hitsattavuus ominaisuuksien mukaan perusaine ryhmiin jotka on esitetty taulukossa 2.4. Seosten ominaisuudet vaikuttavat niiden jakamiseen alaryhmiin. (Koivisto et al. 2010)

Taulukko 2.4 Alumiinien ryhmittely hitsattavuuden mukaisesti. (CEN ISO/TR 15608 2013)

Ryhmä	Alaryhmä	Alumiinilajit
21		Puhdas alumiini, jossa on epäpuhtauksia tai seosaineita $\leq 1\%$
22		Ei-lämpökäsiteltävät seokset
	22.1	Alumiini-mangaaniseokset
	22.2	Alumiini-magnesiumseokset, joissa $Mg \leq 1,5\%$
	22.3	Alumiini-magnesiumseokset, joissa $1,5\% < Mg \leq 3,5\%$
	22.4	Alumiini-magnesiumseokset, joissa $Mg > 3,5\%$
23		Lämpökäsiteltävät seokset
	23.1	Alumiini-magnesium-piiseokset
	23.2	Alumiini-sinkki-magnesiumseokset
24		Alumiini-piiseokset, joissa $Cu \leq 1\%$
	24.1	Alumiini-piiseokset, joissa $Cu \leq 15\%$ ja $Si \leq 15\%$
	24.2	Alumiini-pii-magnesiumseokset, joissa $Cu \leq 1\%$; $5\% < Si \leq 15\%$ ja $0,1\% < Mg \leq 0,80\%$
25		Alumiini-pii-kupariseokset, joissa $5,0\% < Si \leq 14,0\%$; $1,0\% < Cu \leq 5,0\%$ ja $Mg \leq 0,8\%$
26		Alumiini-kupariseokset, joissa $2\% < Cu \leq 6\%$
		HUOM. Ryhmät 21 ... 23 ovat yleensä muokatuille materiaaleille ja ryhmät 24 ... 26 yleensä valetuille materiaaleille.

Alumiinia ja alumiiniseoksia on helppo syvävetää ja taivuttaa. Lisäksi alumiinin lastuttavuus hyvä ja sitä voidaan työstää kaikilla lastuamismenetelmillä. Alumiinirakenteiden suunnittelu ja mitoitus eroaa teräsrakenteiden suunnittelusta ja mitoituksesta. Erot johtuvat alumiinin keveydestä, suhteellisen alhaisesta kimmokertoimesta, suuresta lämpölaajenemiskertoimesta sekä alumiinin muokattavuudesta. (Kinos et al. 1998)

Alumiinia käytetään erityisesti kolmella teollisuusalaalla: rakennusteollisuudessa, pakkausteollisuudessa ja kuljetusväline-teollisuudessa (muun muassa autot, lentokoneet,

junat, laivat). Suomessa alumiinilevyä käyttää erityisesti kuljetusvälineteollisuus sekä rakennusteollisuus. (Kinos et al. 1998)

Alumiinituotteiden valmistustavat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: levyjen valssaus ja muotoilu, profiilien ja putkien puristaminen sekä valaminen. Käytännössä tiettyyn valmistustapaan soveltuvat parhaiten vain tietyt seokset. Tämän lisäksi eri seoksilla on eroa lastuttavuudessa ja hitsattavuudessa. Lopullisen tuotteen valmistus sisältää tietysti lähes aina myös muita työmenetelmiä kuin edellä mainitut kolme päämuodontomenetelmää. (Kinos et al. 1998)

Alumiinilevyjä voidaan muovata taivuttamalla, syvävetämällä, venyttämällä tai superplastisella muovauksella. Alumiini profiileja voidaan muotoilla taas toisiinsa sopiviksi, jotta niiden liittäminen olisi mahdollisimman helppoa. Liitoksia voidaan tehdä ruuviliitosten, niittiliitosten, napsautusliitosten tai nivelten avulla. Alumiinista voidaan valmistaa myös erillisiä kulma- tai päatekappaleita. Valaminen valmistusmenetelmänä tarkoittaa kappaleen valamista lopulliseen muotoonsa. (Koivisto et al. 2010)

Alumiini voidaan liittää hitsaamalla, mekaanisilla liitoksilla, juottamalla tai liimaamalla. Alumiinin hitsauksesta on kerrottu edellä. Mekaanisia liitosmenetelmiä ovat niittiliitokset, ruuviliitokset, taitokset ja puristusniittaus. Juottamista voidaan tehdä joko pehmeäjuottona tai kovajuottona. Alumiinia voidaan leikata plasmaleikkauksella, laserleikkauksella, vesisuihkuleikkauksella tai lävistämällä ja nakertamalla. Eri valmistusmenetelmiä käyttämällä pyritään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen. (Kinos et al. 1998)

2.1.3 Muut kantavat rakenteet

Kantavia rakenteita voidaan valmistaa teräksen ja alumiinin ohella myös puusta tai betonista. On olemassa myös muita mahdollisuuksia, mutta tämän hetken rakentamisessa nämä ovat yleisimmät materiaalit. Betonirakenteina voidaan käyttää joko betonielementtirakenteita tai teräsbetonirakenteita. Puurakentamisessa erilaisten puulajien ja ratkaisujen mahdollisuudet ovat todella suuret. Puurakenteita voidaan tehdä elementeistä tai rakentaa ne paikan päällä. Materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi liimapuuta tai hirsirakenteita. Puuta käytetään myös paljon pintamateriaalina rakennuksissa. (Puukeskus 2013; Lindberg & Kerokoski 2010)

Betonin aineosat ovat sementti, vesi, runkoaine sekä mahdolliset lisäaineet. Ainesosien yksittäiset ominaisuudet vaikuttavat myös valmiin betonin ominaisuuksiin. Tärkein betonin ominaisuuksiin vaikuttava tekijä on kumminkin ainesosien suhteellinen määrä. Rakenteeltaan tiivis betoni määritellään standardissa SFS-EN 206-1. Suomessa betonin kiviaineena tavallisesti käytetään kalkkikiveä ja graniittia. Niiden lujuus on suuri verrattuna sementtikivenlujuuteen. Runkoaineena voidaan käyttää, sekä luonnon siileäpintaista kiviainesta, että murskattua karkeapintaista kiveä. Betonin lujuuteen vaikuttavan runkoaineen muodon tai pinnan laadun vaikutusta on vaikea arvioida. Vertailua varten voidaan tehdä betonikokeita, jotta päästään selville eri suhteiden vaikutuksesta betonin lujuuteen. (Lindberg & Kerokoski 2010)

Betonin lisäaineilla pyritään parantamaan tiettyjä ominaisuuksia. Tällaisia lisäaineita ovat notkistimet, lisähuokostusaineet, kiihdyttimet ja hidastimet. Notkistimet parantavat betonin työstettävyyttä ja lisäävät samalla betonin lujuutta. Lisähuokostusaineet lisäävät betonimassa ilmapitoisuutta, joka lisää pakkasenkestävyyttä ja vesitiiviyttä. Ne kuitenkin heikentävät lujuutta, pienentävät kulutuskestävyyttä ja huonontavat teräksen tartuntaa. Kiihdyttimillä ja hidastimilla muutetaan betonin kovettumisaikaa. Lisäaineilla on aina myös sivuvaikutuksia, jotka on selvitettävä. (Lindberg & Kerokoski 2010)

Betonin tärkein ominaisuus on puristuslujuus. Siihen vaikuttavat kaikkien ainesosien ominaisuudet. Betoni on myös oikein valmistettuna vedenpitävää. Tietyissä tapauksissa betonilta voidaan vaatia myös muita ominaisuuksia. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi pakkasenkestävyys, kulutuksenkestävyys tai kestävyys kemiallista korroosiota vastaan. Betoniterästen tärkeimmät ominaisuudet ovat suuri vetolujuus ja suuri murtovenymä. Terästen luokitus perustuukin niiden vetolujuuteen, joka määritetään vetokokeen avulla. Yksi tärkeä ominaisuus betoniteräksille on myös niiden hitsattavuus. Betoniterästen hitsauksen vaatimuksia on esitetty standardissa SFS-EN ISO 17660-1. (SFS-EN ISO 17660-1 2007; Lindberg & Kerokoski 2010)

Betonirakenteita voidaan käyttää joko paikanpäällä valamalla tai valmiina betonielementteinä. Tehtaalla valmistettavia betonielementtejä ovat esimerkiksi pilarit, ontelolaatat, seinät ja julkisivuelementit. Betonia voidaan käyttää pientalorakentamisessa, suurissa asuintaloissa ja melkein kaikessa rakentamisessa muutenkin. (Lindberg & Kerokoski 2010)

Puurakentamisen etuina muihin rakennusmalleihin on, että puu on lujaa ja kevyttä. Suhteessa painoonsa puu on lujempaa, kuin mikään muu perusrakennusmateriaali. Ilmakuivan kuusi- ja mäntypuun tiheys on vain 1/13 teräksen ja ¼ betonin tiheydestä. Puu on myös lämmön eristävyydeltään huomattavasti parempaa, kuin teräs, alumiini tai betoni. Tämän takia kosteus ei tiivisty puun pinnalle, ja se tuntuu miellyttävältä, niin kuumassa kuin kylmässäkin. Puun lämpölaajeneminen on kolmanneksen pienempää, kuin teräksen ja betonin. (Siikanen 2008)

Puun etuihin kuuluu myös, että se on luonnonmateriaali, joka voidaan käytön jälkeen palauttaa ekologiseen kiertokulkuun ympäristöä turmelematta. Puun työstäminen on helppoa yksinkertaisin työkaluin. Puun painosta puolet koostuu hiilestä. Puutavaraa laatu luokitellaan seuraavin luokin: A1-A4, B, C ja D. Laatu luokista paras on A ja heikoin D. Kantavissa rakenteissa käytettävä sahatavara on lujuusluokiteltu standardin EN 388 mukaisesti C- luokkiin tai standardin INSTA 142 mukaisesti T- luokkiin. Suomessa yleisimmät lujuusluokat ovat C18=T1, C24=T2, C35 ja C40. Lujuuslajiteltu sahatavara tulee leimata siten, että jokaisessa lujuuslajittelussa sahatavarakappaleessa on leima. (Puukeskus 2013; Puuinfo 2013)

Rakennuspuutavarana käytetään ensisijaisesti kuusta ja puusepäntöihin perinteisesti mäntyä. Ulkovuorauksena kuusi on kestävämpää kuin mänty, koska se imee kosteutta huonommin. Puutavara on yleisnimitys sahatulle, höylätylle tai pyöreälle puutavarakkeelle, kun taas höylätavara on yleisnimitys vähintään kolmelta sivulta höylätylle puutavarakkeelle. (Siikanen 2008)

Sahatavaralla on useita jatkojalosteita, joista tärkeimmät ovat painekyllästetty eli kestopuu, lämpökäsitelty puu eli lämpöpuu, liimapuu, liimattu sahatavara, kertopuu, monikerroslevy ja liimalevy. Paineekyllästetyssä puussa suoja-aine on tunkeutunut koko pintapuukerroksen läpi. Luonnostaan lahonkestävän sydänpuun kyllästysaine tunkeutuu vain joidenkin millimetrin syvyydeltä. Kestopuun kestävyys on 3...5 kertaa parempi kuin kyllästämättömän puun. Lämpökäsitelty puu valmistetaan modifioimalla puuta yli 160 °C lämpötilassa. Se parantaa puun lahonkesto-, säänkesto- ja lämmöneristävyyssominaisuuksia. Lisäksi se pienentää puun kosteuselämistä. Korkeassa lämpötilassa pihka poistuu myös puusta. (Puuinfo 2013)

Liimapuulla tarkoitetaan palkkeja tai pilareita, jotka koostuvat useista yhteen liimatuista päällekkäisistä lamelleista ja joiden syyt ovat rakenteen suuntaiset. Lamelli voi leveyssuunnassa muodostua yhdestä tai useammasta lamellilaudasta. Liimatulla sahatavaralla tarkoitetaan kahdesta tai useammasta sahatavarakappaleesta liimaamalla valmistettua tuotetta, joka ei täytä liimapuun standardeja. Tällaisia tuotteita käytetään sellaisenaan kantavissa rakenteissa sekä aihioina erilaisille puutuotteille, kuten ikkunan karmi, hirsi tai paneeli. Kertopuu eli viilupuu valmistetaan liimaamalla 3 mm paksuista kuusiviilusta siten, että viilujen syysuunta on viilupuutuotteen pituussuuntaan. (Siikanen 2008)

Monikerroslevy on massiivipuulevy, joka valmistetaan liimaamalla lautoja tai rimoja useaan kerrokseen ristikkäin. Levyn dimensiot ja valmistustekniikka vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Liimalevyt (liimatut puulevyt) valmistetaan noin 40...45 mm leveistä höylätyistä rimoista, jotka liimataan syrjistäan yhteen. Näiden lisäksi voidaan tehdä muita jatkojalosteita sahatavarasta. Sahatavara on kantavissa rakenteissa käytettävien niin sanottujen yhdistelmätuotteiden pääraaka-aine. Tällaisia tuotteita ovat Nr-ristikot, Nr-vaarnapalkit ja i-palkit. Tavallisesti tällaiset tuotteet valmistetaan erillisen suunnitelman perusteella. (Puuinfo 2013, Siikanen 2008)

Eniten puurakentamista käytetään omakotitaloissa ja rivitaloissa sekä maataloudessa. Myös kerrostalojen, julkisten liiketilojen ja teollisuuden rakentaminen on puusta mahdollista, mutta tällä hetkellä se on vain pienessä osassa näissä. Puurakentamisen suurin potentiaali onkin näiden rakentamisessa tulevaisuudessa. Puusta rakennetaan myös paljon muuta asumiseen liittyvää. (Puuinfo 2013)

2.2 Työn kannalta olennaiset valmistusmenetelmät

Tässä osassa teoriaa perehdytään valmistusmenetelmiin, jotka ovat olennaisia työn kannalta. Työn tilaaja on pien metallipaja, jolla ei ole käytössä uusimpia työstökoneita. Vesisuihkuleikkauksen ja plasmaleikkauksen tarjoaminen on askel uudempia laitteita kohti, sekä osoitus paneutumisesta uusiin valmistusmenetelmiin.

Osiossa perehdytään vesisuihkuleikkaukseen, plasmaleikkaukseen, hitsaukseen ja lastuamiseen. Lastuamisen tekniikoista tarkemmin perehdytään poraukseen, hiontaan, avartamiseen ja sahaukseen. Menetelmien käsittelyssä perehdytään niiden perusominaisuuksiin, käyttötarkoituksiin ja sovelluskohteisiin. Käsitteltävien menetelmien monipuo-

lisuuden ja työnaiheen takia menetelmiin ei syvennytä perinpohjaisesti, vaan riittävällä tarkkuudella, jotta niiden merkitystä voidaan arvioida CE- merkinnän ja laadunvalvonnan kannalta.

2.2.1 Vesisuihkuleikkaus

Vesisuihkuleikkausta voidaan käyttää metalleista teräksen, alumiinin, kuparin, messingin ja titaanin leikkaamiseen. Muista materiaaleista leikkausta käytetään muoveille, kumille, lasivillalle ja kartongille, myös lasikuitujen ja laminoitujen materiaalien leikkaaminen onnistuu. Pääsääntöisesti vesisuihkuleikkauksen käyttö on sitä kannattavampaa asiakkaalle, mitä monimutkaisempi leikattava muoto on. Muita ominaisuuksia, jotka tekevät vesisuihkuleikkauksen kannattavaksi ovat jälkityöstöstä eroon pääseminen, työvaiheiden väheneminen, koneistuksen korvaaminen tai helpottaminen sekä pölyävien ja haisevien materiaalien leikkaus. Suurimmassa osassa näistä hyödyistä vaikuttava ominaisuus kannattavuuteen on työvaiheiden väheneminen tai helpottuminen kappaleen työstössä, joka näkyy pienempinä kustannuksina. Pölyävien ja palaessaan haisevien materiaalien leikkauksessa hyötynä on veden pölyn sitominen ja leikkauksen suoriutuminen ilman palamista, jolloin voidaan helpommin leikata materiaaleja, jotka palaessaan tai sulaessaan ovat myrkyllisiä. Vesisuihkuleikkaus voidaan automatisoida esimerkiksi käyttämällä xy- pöytää tai robottia. (Vilppo 1987; Prolaser 2012)

Vesisuihkuleikkauksessa vesi johdetaan kovalla paineella suuttimen läpi kohti leikattavaa materiaalia. Veden paineet vesisuihkuleikkauksessa vaihtelevat välillä 70-400 MPa. Mahdollista olisi luoda jopa 1400 MPa paine, mutta se ei ole kannattavaa. Veden nopeus leikkauksessa voi olla jopa kaksinkertainen äänennopeuteen verrattuna ja suuttimen halkaisijat vaihtelevat välillä 0,1..0,3 mm. Vesisuihkuun voidaan lisätä abraasiivisia, hiovia hiukkasia, jolloin leikkauksenopeutta voidaan entisestään lisätä. Samalla myös kovien materiaalien leikkaaminen helpottuu. Materiaaleista kumia, muovia, pahlavia, paperia, elintarvikkeita ja orgaanisia materiaaleja leikataan pelkällä vedellä. Muita materiaaleja leikattaessa käytetään abrasiivia helpottamaan leikkausta.(Prolaser 2012; Kalpakjian 1997 s625)

Vesisuihkuleikkauksessa voidaan erottaa kaksi vaihetta. Ensimmäinen on aineen leikkaaminen ja toinen on irrotetun aineen poiskuljettaminen. Aineen irrotus ja leikkaaminen on mahdollista, kun suihkun aiheuttama pintapaine on suurempi kuin leikatavan aineen puristusmurtolujuus. Suihku saa tällöin aikaan hiushalkeamia, jolloin veden tunkeutuessa niihin irtoaa pieniä aineosasia. Leikkaavan vaikutuksen aikaansaamiseksi suihkulla täytyy olla suuri nopeus ja pieni halkaisija. Kun nestesuihku osuu kohdistuoraan kappaleen pintaan, aiheuttaa se voiman pintaa vastaan voiman kaavan (1) mukaan. (Vilppo 1987)

$$F = \frac{\gamma}{g} * Q * v, \text{ jossa} \quad (1)$$

γ on nesteen ominaispaino, $\gamma = \rho * g$

ρ on nesteen tiheys

g on putoamiskiihtyvyys

Q on tilavuusvirta

$$v \text{ on veden nopeus, } v = \frac{Q}{A} = \sqrt{p * \frac{2 * g}{\gamma}}, \text{ jossa} \quad (2)$$

A on suuttimen poikkipinta-ala

p on pumpun kehittämä paine.

Vesisuihkuleikkaukseen käytettävään laitteiston tärkeimmät osat ovat hydraulikka-pumppu, paineenmuunnin, paineakku, suutin sekä leikkauspöytä. Toiminta periaatteena laitteistolla on: hydraulikkapumpun kehittämä öljynpaine vaikuttaa paineenmuuntimen mäntään aiheuttaen edestakaisen liikkeen ja liikkuva mäntä pumppaa vettä leikkausyksikköön. Paineenmuuntimessa hydraulikkanesteen paine aiheuttaa veden paineen nousun kääntäen paineenmuuntimen mäntien poikkipinta alojen suhteessa. Paineakun tarkoitus on vähentää veden paineen muutoksia. Paineakkua, muunninta ja leikkausyksikköä yhdistää korkeapaineputkisto, jossa on välttämättömät paineenrajoitus-, vastavirta- ja sulkuventtiilit. Suuttimen tarkoitus on säädellä vesisuihkun nopeutta ja halkaisijaa suunnattaessa sillä vesisuihku leikattavalle materiaalille, joka on kiinnitettynä leikkauspöytään. Suutin on kulutusosa vesisuihku leikkauksessa ja se joudutaan vaihtamaan määrääjain. Pelkällä vedellä leikattaessa käytetään suutinmateriaalina synteettistä safiiria ja abrasiivisessä vesisuihkuleikkauksessa volframi- tai boorikarbidia. (Vilppo 1987)

Kuten edellä on mainittu, voidaan vesisuihkuleikkausta tehostaa käyttämällä lisäaineita. Veden virtausta putkistossa voidaan parantaa polymeereillä, jotka liukenevat veteen. Virtauksen paraneminen johtuu turbulenttisen virtauksen muuttumisesta lähes laminaariseksi polymeerien avulla. Hiovien partikkeleiden eli abrasiivien lisääminen veteen parantaa leikkauksen nopeutta ja mahdollistaa kovien materiaalien leikkaamisen. Vesisuihkuleikkauksessa käytettäviä abrasiiveja ovat esimerkiksi piihiekkä, graanaatti tai oliviini. Kuiva abrasiivi syötetään injektioperiaatteella kollektoriin välittömästi vesisuihkun muodostamisen jälkeen. Raekoko abrasiivilla on yleensä 0,2...0,5 mm ja kovuus 7 Mohsin asteikolla. (Vilppo 1987)

Leikkaustehoa arvioitaessa ja optimoitaessa pääkriteerit ovat syntynyt leikkauksen jälki ja leikkauksen nopeus. Tehoon vaikuttavia parametreja ovat vesisuihkun paine, suuttimen etäisyys kappaleesta, suuttimen halkaisija, lisäaineet sekä suuttimen liikenopeus. Abrasiivisessä leikkauksessa tarvittavasta energiasta noin puolet kuluu itse leikkaukseen ja loput eroosio- ja kavitaatiovaikutuksen aikaansaamiseksi. Vesisuihkuleikkaukselle voidaan määrittää leikkausteho materiaalikohtaisesti vakio-olosuhteissa. Tämän avulla voidaan laskea leikkauksen nopeus kaava (3) mukaisesti. (Vilppo 1987)

$$V_x = L/D_x, \text{ jossa} \quad (3)$$

V_x = nopeus [cm/min]

L = leikkausteho [cm²/min]

D_x = materiaalin paksuus [cm]

Vesisuihkuleikkaus aiheuttaa leikattavaan materiaaliin leikkausrailon, jonka paksuus on 1,2 - 2,5 mm käytettävästä suuttimesta riippuen. Railon paksuuteen vaikuttaa kasvattavasti suuttimen kuluminen sekä suuttimen etäisyyden kasvattaminen. Suoran leikkauksen aikaansaamiseksi leikkausarvot tulee optimoida oikeiksi. (Vilppo 1987; Summers 1995)

Vesisuihkuleikkauksessa on monia menetelmätekniillisiä hyötyjä verrattuna muihin valmistusmenetelmiin. Se on menetelmätekniillisesti yksinkertainen vaihtoehto verrattuna polttoleikkaukseen tai meistotekniikan menetelmille. Vesisuihkuleikkauksen etuja ovat:

- ei rajoituksia leikattavalle muodolle, leikkaus voidaan aloittaa levymäisen kappaleen keskeltä
- asetusajat lyhyet
- ei työkaluja
- pölynsidonta
- ei termisiä jännityksiä ja muodonmuutoksia
- tasainen leikkausjälki oikeilla parametreilla
- vähäinen materiaalihukka
- automatisointi helppoa
- laitteisto yksinkertainen, jolloin huolto helppoa.

Vesisuihkuleikkaus ei ole yleensä kustannustehokkain tapa tehdä leikkausta. Plasma- ja polttoleikkaus ovat yleensä kustannustehokkaampia vaihtoehtoja, mutta niiden käyttösovelluksen ovat pääsääntöisesti eriävät verrattuna vesisuihkuleikkaukseen. Muita rajoituksia vesisuihkuleikkauksen käytölle aiheuttaa rajoitettu leikkauspaksuus, soveltumattomuus kaikille materiaaleille, leikattavan aineen kostuminen sekä suuttimen kuluminen. (Vilppo 1987; Prolaser 2012)

2.2.2 Plasmaleikkaus

Plasmaleikkaus on sulatusleikkausmenetelmä, joka on tarkoitettu metallien leikkaamiseen. Alun perin se on kehitetty materiaaleille, joille tavallinen polttoleikkaus ei riitä. Tällaisia materiaaleja ovat muun muassa ruostumaton teräs, alumiini ja kupari. Plasma tarkoittaa korkeaan lämpötilaan kuumennettua sähköä johtavaa kaasua, joita ovat argon, vety, typpi, niiden seokset sekä paineilma ja happi. (Ihalainen et. al. 1991; Lepola & Makkonen 2008)

Plasmaleikkauksessa kaasua kuumennetaan 20000...30000 °C:n valokaassa, jossa kaasuseos ionisoituu ja dissosioituu ainakin osittain. Kuumentuessaan kaasu laajenee voimakkaasti ja virtaa suuttimen läpi kohdaten levyn pinnan. Kuuma kaasuvirta virtaa nopeudella, jopa 1000 m/s ja levyn pinnan kohdatessaan muodostuu molekyylejä uudelleen ja dissosiointiin kulunut energia vapautuu sulattaen materiaalin paikallisesti. Suuri lämpötila sulattaa materiaalin ja kaasun suuri virtaus poistaa sulan metallin pois railosta. Plasmaleikkaukseen käytetään poltinta, jossa valokaari synnytetään elektrodin ja työkappaleen väliin. Plasmasuihku on suora, koska virtaavan plasmasuihkon ulkopin-

ta on vähemmän ionisoitunut ja lämpötilaltaan kylmempi. Rajapintaan syntyy näin terminen eriste ja lämmön siirtyminen ulos plasmakaasusta estyy. Tästä johtuen korkealla energiatiheydellä varustettu plasmasuihku pysyy suorana. (Ihalainen et. al. 1991 s319; Szekely & Apelian 1984)

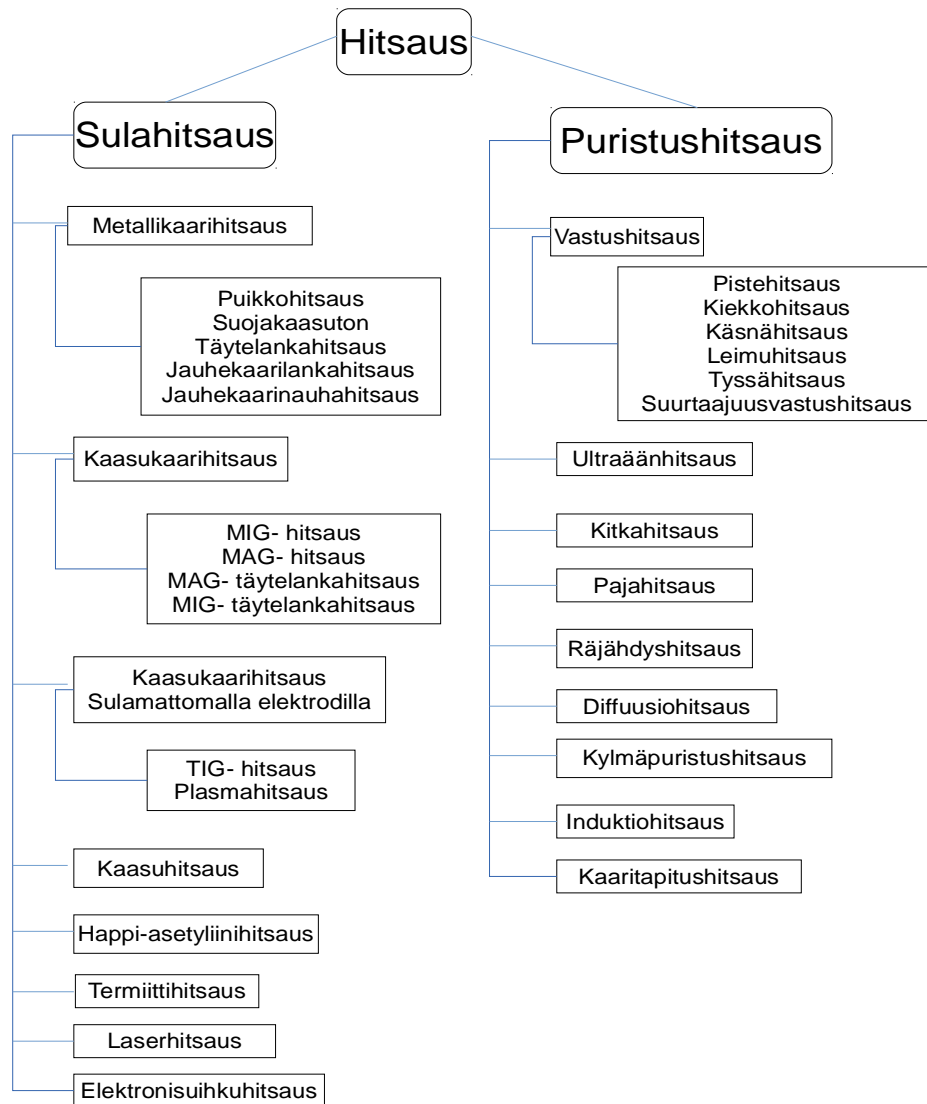
Yleisimmät leikkauskaasut plasmaleikkaus käytössä ovat $\text{Ar} + \text{H}_2$, $\text{Ar} + \text{N}_2$, N_2 ja paineilma. Argonin käytön etuna on hyvä kaaren syttyvyys ja heikkoutena matala kaarijännite, dissosiaatioenergian puute ja huono lämmönjohtavuuskyky. Tästä johtuen argon antaa huonon leikkaustuloksen. Vety nostaa kaarijännitettä ja lisää täten kaaren tehoa. Sitä ei kuitenkaan voida yksin käyttää, koska kaari ei syttyisi, eikä kaasuvirtauksen massavaikutus pystyisi avaamaan railoa. Typen käytön ongelmana on sen aiheuttama suuri kaarijännitys, mutta sitä voidaan käyttää sellaisenaan leikkauskaasuna. Paineilmaa voidaan käyttää plasmakaasuna, mutta se aiheuttaa elektrodin voimakasta hapettumista sekä vaarallisten NO- tai NO_2 suuria pitoisuuksia. (Ihalainen et. al. 1991 s319; Szekely & Apelian 1984)

Plasmaleikkausta käytetään runsaasti seostettujen terästen, ruostumattomien ja haponkestävien terästen, kuparin ja alumiinin leikkaamiseen. Leikkausjälki on yläreunaltaan hieman leveämpi kuin alareunaltaan. Leikkausura voi olla ylhäällä 6mm ja alhaalla 3mm. Tavalliseen polttoleikkaukseen verrattuna plasmaleikkauksen etuina ovat suurempi leikkausnopeus, suurempi reiäntekonopeus ja esilämmityksen tarpeettomuus. Leikkausnopeus verrattuna polttoleikkaukseen on noin kaksi viiva neljä kertaa suurempi. Lisäksi plasmaleikkauksella on helpompi leikata levypaketteja, koska yhteen palamisen vaara on huomattavasti pienempi. Heikkoutena polttoleikkaukseen verrattuna ovat leikkausuran vaikutusalueen suuruus, leikkausjäljen vinous ja vaativammat työsuojelulliset toimenpiteet(ääni, säteily ja haitalliset kaasut). (Ihalainen et. al. 1991 s319)

Työturvallisuudesta on muistettava, että plasmaleikkauslaite on varustettu korkeajännitteisellä pilot- kaarella, jolloin leikkauksen aikana vallitsee korkea jännite polttimen pään ja työkappaleen välillä. Leikkauksesta aiheutuva säteily on silmille ja iholle haitallista, joten niitä vastaan on suojauduttava asianmukaisilla suojavälineillä. Leikkauksessa syntyy myös haitallisia kaasuja(otsonia, typpeä ja metallioksidi hiukkasia), jotka ovat ihmiselle haitallisia.

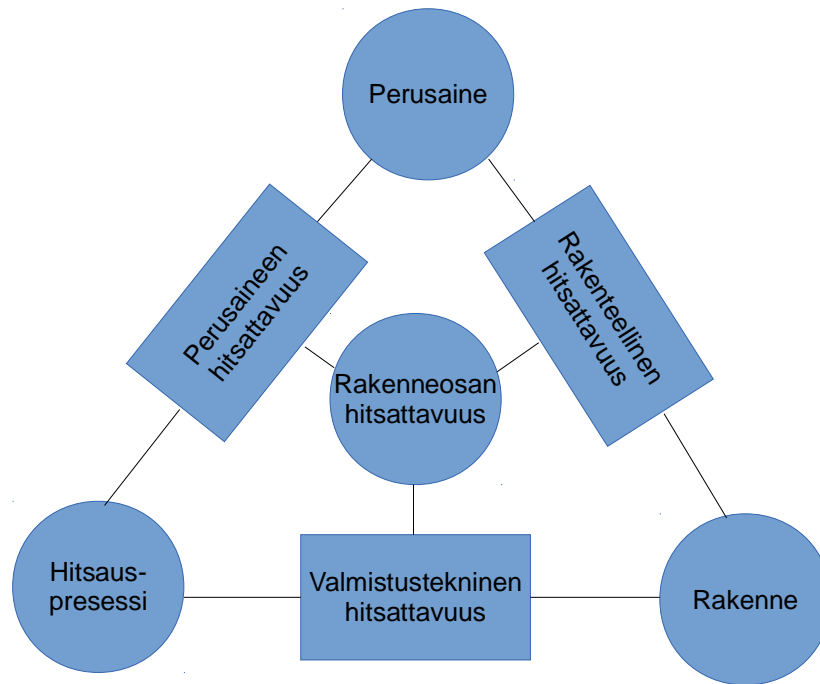
2.2.3 Hitsaus

Hitsaus on kappaleiden toisiinsa liittämistä tai niiden päällystämistä ilman erillistä sitovaa väliainetta. Liitettävien metallien rakeet tai muovien molekyylit liittyvät toisiinsa muodostaen kiinteän liitoksen. Hitsaus voidaan tehdä joko lisäainetta hyväksi käyttäen tai ilman lisäainetta. Hitsausprosessit jaetaan kahteen pääryhmään sulahitsaus ja puristushitsaus. Hitsausprosessien jakamista sulahitsaukseen ja puristushitsaukseen esitetään kuvassa 2.1. Sulahitsaus on menetelmä, jossa hitsattavien liitoskohtien pinnat kuumentetaan sulaan lämpötilaan, jolloin pinnat sekoittuvat ja muodostavat sulan jäähtyessä kiinteän liitoksen. Sulahitsausta voidaan tehdä lisäainetta hyväksi käyttäen tai ilman lisäainetta. Puristushitsauksessa ei käytetä lisäainetta vaan pinnat kuumentetaan tahdasmaiseen lämpötilaan, jonka jälkeen ne puristetaan yhteen.



Kuva 2.1 hitsausmenetelmien lajittelu (Lepola & Makkonen 2008)

Metallirakenteet mitoitetaan jo suunnitteluvaiheessa kestämaan niiden käytössä esiintyvät kuormitukset. Mitoituksen perusteena käytetään käytettävän materiaalin myötölujuutta. Käyttölämpötila voi asettaa lisäksi vaatimuksia materiaalille. Hitsattavuuden määrittämisessä otetaan huomioon hitsattavan tuotteen kokonaisuus, johon sisältyy rakenteelle asetetut vaatimukset, perusaineen ominaisuudet ja valmistuksen asettamat vaatimukset ja rajoitukset. Hitsattavuus käsitettä on avattu kuvassa 2.2. Hitsattavuus paranee, mitä enemmän mahdollisia hitsausmenetelmiä on mahdollista käyttää, mitä vähemmän esivalmistelua tarvitaan ja mitä vähemmän jälkikäsittelyä tarvitaan. (Ihalainen et. al. 1991; Lepola & Makkonen 2008; Burgess 1989)



Kuva 2.2 Hitsattavuuskäsite (Lepola & Makkonen 2008)

Rakenteellinen hitsattavuus tarkoittaa rakenteiden muodon, kuormitusten, liitosten sijaintikohtien ja aineenpaksuuden vaikutusta hitsattavuuteen. Hitsausliitosten kohdalle syntyy rakenteessa epäjatkuvuuskohtia, jotka aiheuttavat jännityskeskittymiä ja näin vaikuttavat rakenteen kestävyyskykyyn. Perusaineen hitsattavuudella tarkoitetaan perusaineen kemiallista koostumusta, metallurgiset ominaisuudet ja fysikaaliset ominaisuudet. Perusaineen hitsattavuuteen vaikuttavia ominaisuuksia ovat (Lepola & Makkonen 2008):

- hitsattavan perusaineen kemiallinen koostumus
 - karkenemistaipumus (kylmähalkeilu)
 - kuumahalkeamataipumus
 - väsymislujuus
 - haurausmurtumataipumus
 - sulan käyttäytyminen
- metallurgiset ominaisuudet
 - kiderakenne
 - suotautumat
 - sulkeumat
- fysikaaliset ominaisuudet
 - perusaineen lämpöpitäenemiskerroin
 - perusaineen lämmönjohtavuus
 - sulamispiste
 - lujuus- ja sitkeytymisominaisuudet.

Valmistukselliseen hitsattavuuteen vaikuttaa hitsauksen esivalmistelu (liitosmuoto, rai-lomuoto, hitsausprosessi, esilämmitys), hitsausmenetelmä, jälkikäsittely (lämpökäsittely, työstäminen, peittäminen, passiivointi). (Lepola & Makkonen 2008)

Hitsauksessa käytettäviä tärkeimpiä termejä ovat hitsausmenetelmä, hitsausprosessi, hitsausohje, menetelmäkoee, esituotannollinen koe, hitsaajan pätevyys, hitsausliitos ja railo. Hitsausmenetelmä on hitsauksessa noudatettava toimenpiteiden sarja, josta selviää tiedot hitsausprosessista, materiaaleista, railosta, tarvittavasta esikuumennuksesta, hitsausarvoista, hitsaustavasta, mahdollisesta jälkikäsittelystä ja käytettävistä laitteista. Hitsausprosessi tarkoittaa erityistä tapaa hitsata (esimerkiksi MIG- hitsaus), johon sisältyy tiettyjen periaatteiden soveltaminen. Tällaisia periaatteita ovat metallurgiset, sähköiset, fysikaaliset, kemialliset ja mekaaniset periaatteet. Hitsausohjeessa (WPS, Welding Procedure specification) esitetään yksityiskohtaisesti tietyn hitsaussovellutuksen vaadittavat muuttujat. Hitsausohjetta edeltää alustava hitsausohje (pWPS, Qualified Welding Procedure Specification), joka hyväksytään hitsausohjeeksi hitsattavien koekappaleiden kokeellisen tutkimisen jälkeen. Kokeellinen tutkiminen voidaan tehdä joko menetelmäkokeella tai esituotannollisella kokeella. Menetelmäkokeessa hitsataan standardikoekappale ja testataan sen hitsausliitos. Esituotannollisessa kokeessa hitsataan standardisoimaton koekappale tuotanto-olosuhteita, testataan ja hyväksytään se. Hitsaajan pätevyyskokeessa hyväksytään hitsaajan pätevyys tietyn hitsausprosessin ja siihen liittyvien muuttujien suhteen. Hitsausliitos on liitos, joka syntyy liittämällä kaksi tai useampia osia yhteen hitsaamalla. Liitostyyppejä on todella monia, mutta ne jaetaan kahteen pääryhmään piena- ja päittäisliitoksiin. Railo on esivalmistuksessa hitsausta varten valmistettujen osienvälinen tila, johon hitsi tehdään. (SFS 3052 1995)

Hitsauksen suorittamiseen ja hitsausprosessin valintaan vaikuttavat useat eri tekijät. Seuraavilla tekijöillä on vaikutusta hitsausprosessin valintaan (Kalpakjian 1997):

- perusaine ja sen hitsattavuus
- lämmöntuontirajoitukset
- railonvalmistus
- lisäaineen saatavuus ja hinta
- ainepaksuudet
- käytettävissä olevat laitteet
- lisäaineen saatavuus
- laatuvaatimukset
- ammattitaito
- asennustarkkuus
- työympäristö
- hitsausasennot
- hitsauksen mekanisointi.

Hitsauksen tärkein mittari on hitsausluokka. Hitsausluokkia on kolme B, C ja D. Hitsausluokka B on vaativin, jota käytetään esimerkiksi painelaite-, siltarakenne-, ja nosturirakennehitsauksissa. Hitsausluokan B saavuttaminen vaatii huolellista hitsaussuunnitelmaa ja jatkuvaa laadunvalvontaa. Hitsausluokka D tarkoittaa tyydyttävää ja se on luokista vähinten vaativa. Se riittää rakenneosille, joiden vaurioitumismahdollisuus on vähäinen ja vaurioista johtuva haitta pienehkö. Hitsausluokka C on näiden luokkien välimuoto. (Ihalainen et. al. 1991; Lepola & Makkonen 2008; Kalpakjian 1997)

Hitsaus vaativimmissa hitsausluokissa vaatii hitsauksen koordinoitua. Hitsaus on valmistusvaiheena erityisprosessi, joka vaatii hitsauksen koordinoitua, jotta tuotanto olisi luotettavaa ja tuotteen käyttö turvallista. Hitsauskoordinoija vastaa yrityksessä hitsaukseen liittyvistä asioista kuten tuotteiden hitsattavuuden arviointi, perusaineen hitsattavuuden arviointi, hitsausohjeiden laadinta ja niistä vastaaminen, hitsaajien pätevyyksien huomioiminen, pätevyystodistusten hallinta ja hitsauslaitteista vastaaminen ja työturvallisuustekijöiden huomioiminen. Yrityksen koosta riippuen määräytyy myös koordinoijien määrän tarve. (Lepola & Makkonen 2008)

Hitsausluokasta riippuvaista on myös hitsausliitosten laaduntarkastus. Vaativamman hitsausluokan työ vaatii myös tarkempaa laadunvalvontaa. Hitsauksen laadunvalvonta voidaan jakaa kolmeen osaan: ennen hitsausta tapahtuva, hitsauksen aikana tapahtuva ja hitsauksen jälkeen tapahtuva laadunvalvonta. Lähtökohtana on laatu- ja tasovaatimus ja lopputuloksena saavutettu laatu. Ennen hitsausta tapahtuu materiaalin suunnittelu, materiaalin esikäsittely, hitsausohjeen laadinta, hitsausmenetelmän ja hitsaajan valinta. Hitsauksen aikana työympäristö ja hitsausvälineet pidetään kunnossa, hitsattavaa kohdetta tarkkaillaan ja varmistetaan hitsauksen laatua. Hitsauksen jälkeen tarkistetaan mittoja, mahdollisesti jälki käsitellään tuote, viimeistellään se ja hoidetaan tuotteen lopputarkastus. Hitsauksen lopputarkastus tehdään joko silmämääräisesti tai muilla aineita rikkomattomilla menetelmillä, joista kerrotaan enemmän laadunvalvonta osiossa. (Lepola & Makkonen 2008; Burgess 1989)

2.2.4 Lastuaminen

Tässä luvussa käsitellään lastuamisen perusteita, sekä työn kannalta olennaisia lastuavia valmistusmenetelmiä, joita ovat poraaminen, hiominen, sahaaminen ja avartaminen. Työmenetelmiin otetaan pintapuolinen katselmus, jotta voidaan ymmärtää niiden käyttäytymistä ja vaikutusta laadunvalvonnan periaatteisiin.

Lastuaminen on työstömenetelmä, jossa työkappaleesta irrotetaan suuria aine- määriä tehokkaasti tai viimeistellään työkappaletta tavoitteena hyvä mittatarkkuus ja pinnanlaatu. Lastuaminen on kallis työstömenetelmä ja sen käyttöä on yritetty vähentää muita menetelmiä kehittämällä. Aina kasvavat tuotesuunnittelun mittatarkkuusvaatimukset ovat säilyttäneet lastuamisen työstömenetelmänä, eikä sen korvaaminen valu- tai muovausmenetelmillä ole onnistunut kokonaan. (Ihalainen et. al. 1991 s140)

Lastuaminen perustuu työstettävää materiaalia huomattavasti kovemmasta materiaalista olevan terän tunkeutumiseen työkappaleeseen. Tunkeutuminen aiheuttaa plastisen muodonmuutoksen kappaleessa ja sen seurauksena terä irrottaa kappaleesta ainetta lastuina. Lastuavan terän ja työkappaleen välisiä liikkeitä ovat lastuamisliike, syöttöliike ja asetusliike. Lastuamisliike on lastunirrotuksen suuntainen liike, jonka mittasuurena käytetään lastuamisnopeutta v [m/s] tai [m/min]. Syöttöliike on liike, jonka avulla terä sivuttaissuunnassa siirtyy uuden irrotettavan lastun kohdalle. Syöttö voi olla jatkuvaa tai jaksottaista. Syötön parametri on s [mm/r]. Asetusliikkeellä määritetään lastuamissyvyys a [mm]. Parametrit v , s ja a asetetaan työstökoneen käyttäjän tai ohjelmoijan toi-

mesta työstökoneeseen ja niiden avulla voidaan laskea työstövoimat ja tehonkulutus. (Ihalainen et. al. 1991 s141)

Lastuavan terän kulmille on käytössä seuraavat nimitykset: päästökulma α , teroituskulma β ja rintakulma γ . Päästökulma on terän ja syntyvän pinnan välinen kulma, teroituskulma on terän terävyyttä ilmoittava kulma ja rintakulma on lastun ja terän välinen kulma. Kulmien yhteenlaskettu summa on 90° . Rintakulma voi olla positiivinen tai negatiivinen, mutta yleensä suositetaan positiivista kulmaa. Teräkulmat ovat kompromissi kapean ja hyvin tunkeutuvan, mutta lujuudeltaan heikon ja tylpän, suuret voimat ja tehontarpeen aiheuttavan lujan terän välillä. Tavallisesti rintakulma on $0...10^\circ$ ja päästökulma $5...10^\circ$. Lastuamisessa terä joutuu alttiiksi suurille mekaanisille voimille ja tästä johtuen ne kuluvat. Terän kulumismekanismeja ja kulumisen aiheuttajia ovat (Ihalainen et. al. 1991 s141):

- hankauskuluminen (metallinen kosketus ja pienet hiovat aineshiukkaset)
- puristus hitsautumat
- diffuusio
- hapettuminen
- terän pehmeneminen
- vaihtelevat lämpöjännitykset
- mekaaniset jännitykset
- sähkömotooriset voimat.

Kuluminen aiheuttaa lastuamisvoimien kasvun ja tehontarpeen lisäyksen. Kuluneen ja heikkolaatuisen terän käyttäminen aiheuttaa työkappaleen mittatarkkuuden heikkenemisen ja pinnanlaadun heikkenemisen. Erilaisia kulumismuotoja ovat viistekuluminen terän päästöpinalla, kuoppakuluminen terän rintapinnalla, terän lohkeilu ja murtuminen ja plastinen muodonmuutos. (Ihalainen et. al. 1991 s141)

Lastuamisen päälastuamisvoima voidaan määrittää lastun poikkipinnan alan ja ominaislastuamisvoiman avulla seuraavasti kaavan (4) mukaan. (Ihalainen et. al. 1991 s141)

$$F_T = A * k \quad (4)$$

jossa,

$$A = s * a \quad (5)$$

k= ominaislastuamisvoima

Ominaislastuamisvoima on materiaaliikohtainen suure, joka riippuu lastuamisparametreista $k=f(v,a,s)$. Esimerkiksi teräksille ominaislastuamisvoima on $1500...2500 \text{ N/mm}^2$. Lastuamisteho P voidaan määrittää lastuamisvoiman määrittämisen jälkeen kaavalla (6). Muut siihen vaikuttavat parametrit ovat lastuamisnopeus ja koneen hyötysuhde ($\eta=0,6...0,9$).

$$P = F * v = \frac{a * s * k_s * v}{\eta} \quad (6)$$

Suurin osa lastuamiseen kuluvasta työstä muuttuu lämmöksi. (Ihalainen et. al. 1991)

Lastuamisen jättämä jälki ei ole tasaista. Tätä pinnan epätasaisuutta kutsutaan pinnankarheudeksi. Sitä mitataan teoreettisella pinnankarheudella (R). Viimeistelytyöstössä halutaan hyvä pinnankarheus. Tällöin valitaan mahdollisimman suuri lastuamisnopeus ja pieni syötön arvo. Käytettäessä suurta lastuamisnopeutta vältetään irtosärmän ja epänormaalin lastunmuodostuksen aiheuttamalta pinnankarheuden huononemiselta. Lastuttavuus on käsitteenä materiaalin ominaisuus, jota käytetään materiaalin käsittelemisen helppoudesta lastuavilla työstömenetelmillä. Sitä ei voi korvata yhdellä aineen koituksen keinoin mitattavalla numeroarvolla. Lastuttavuus on hyvä, kun materiaalin irrotus rouhinnassa vaatii vähän tehoa ja aiheuttaa pienet lastuamisvoimat. (Ihalainen et. al. 1991)

Lastuamiseen käytettäviä teriä voidaan valmistaa monista materiaaleista. Yleisimpiä materiaaleja ovat: pikateräs, pinnoitettu pikateräs, kovametalli, pinnoitettu kovametalli, keramiikat ja timantti. Terämateriaalin valinta riippuu työstettävästä materiaalista, työstöön käytettävästä menetelmästä, halutusta työjäljestä, terän geometriasta ja kiinnityksestä, jäähdytysolosuhteista ja valituista lastuamisparametreista. Ideaalinen terämateriaali olisi samanaikaisesti kovaa ja kulutusta kestävä sekä sitkeää ja iskuja kestävä. Ominaisuudet ovat ristiriidassa toistensa kanssa. Nykyään valitaan parhaiten käyttötarkoitusta vastaava materiaali. Pikateräkset ovat sitkeimpiä ja timantit kovimpia materiaaleja. (Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 1984)

Poraaminen on tärkeä ja yleinen lastuamismenetelmä, jota käytetään suurimmaksi osaksi reikien tekoon. Reikien tekoon voidaan käyttää porakoneiden lisäksi myös NC- sorveja, koneistuskeskuksia sekä leikkausmenetelmiä. Reikien toleranssien ja pinnankarheuden parantaminen vaatii porauksen jälkeen väljentämistä, kalvintaa tai avartamista. Muotouputukset ja tasaukset liittyvät kiinteästi porausmenetelmiin. Erilaisia porausmenetelmiä ovat tasaus, kierukkaporaus, ydinporaus, väljentäminen, kalviminen, kierteitys, keskiön poraus ja muotokalvinta. Menetelmien erot johtuvat muodoista ja lastuamisgeometriasta. (Ihalainen et. al. 1991)

Porien materiaalina on käytetty perinteisesti pikaterästä, mutta kovametallit ovat syrjäyttäneet sitä porien rakenneaineena. Kovametalleja käytetään myös porien terissä. Erilaisia poria ovat penkkiporakone, pylväsporakone, säteisorakone, NC- porakone ja syväporauksen erikoiskone. Porien terät ovat terägeometrialtaan mutkikkaampia, kuin sorvien terät. Lastun poistumisen tehostamiseksi reiästä, on porissa aina lastu-urat. Kierteinen lastu-ura nostaa lastut pois reiästä pyörimisliikkeen ansiosta myös pystyasennossa. Käytettäviä työkaluja porissa ovat: kierukkapora, keskiöpora, lapiopora, kääntöpala-pora, kanuunapora, Ejektoripora, BTA- pora, väljennin ja kalvin. Työkalujen kiinnittämiseen käytetään kiinnittimiä, jotka ovat ruuveilla kiristettäviä istukoita. Suuremmat porat kiinnitetään karan kartioon, joko suoraan, tai vähennysholkkien avulla. Kappaleiden kiinnittämiseen käytetään yksinkertaisia hakarautoja ja suuntaispaloja. Kiinnittäminen ja asemoiminen samanaikaisesti toteutetaan poraohjaimilla. Poraholkeilla kohdistetaan työkalu oikeaan kohtaan kappaleessa. (Ihalainen et. al. 1991)

Avartaminen on valmiin reiän halkaisijan suurentamista. Yksi- tai useampiteräinen työkalu suorittaa pyörivän pääliikkeen ja syöttöliike saadaan aikaan joko työkappaletta tai työkalua liikuttamalla. Avartamisella parannetaan poratun reiän mittatarkkuutta ja pinnanlaatua tiettyyn halkaisijaan, sekä voidaan valmistaa monimutkaisia muotoja. Työkappaletta avarrettaessa voidaan käyttää samoja lastuamisarvoja kuin sorvattaessa. Pyörivän työkalun ansiosta kappaleen paino ei rajoita lastuamisnopeutta. (Ihalainen et. al. 1991)

Avartamista voidaan tehdä porakoneessa, jyrsimessä, sorvissa ja avarruskoneessa. Avartamiseen suunnitellut erityiset avarruskoneet ovat erityisesti kotelomaisia kappaleita varten. Avarruskoneet voidaan jakaa höylätyyppisiin avarruskoneisiin, ristipöytäavarruskoneisiin ja lattiatyyppisiin avarruskoneisiin. Tyypillisesti koneet ovat vaakakaraisia, tarkoilla mitta-asteikoilla varustettuja sekä korkeatasoisella laakeroinnilla varustettuja. Avarrusterä kiinnitetään avarruspäähän, jossa on kartio tai lieriövarsi työkalun kiinnittämiseksi työstökoneen karaan. (Ihalainen et. al. 1991)

Sahaus on aihionvalmistusmenetelmä, jota käytetään tankoaihioiden paloitteluun, kiristysurien työstöön ja kappaleiden muotojen irrottamiseen. Sahauksen jälkeen kappaleen mittoja ja muotoja joudutaan viimeistelemään muilla lastuavilla työstömenetelmillä. Automatisoinnilla pystytään helpottamaan katkaisua kytkemällä sahaan tangonsyöttölaiteisto ja voimatoimiset kiinnittimet. NC- ohjatut sahat voivat työskennellä ilman miehitystä yön ajan. (Ihalainen et. al. 1991; Kalpakjian 1997)

Sahausmenetelmän luonteen ja terän muodon perusteella voidaan sahaus jakaa kolmeen ryhmään: konesahaus edestakaisin liikkuvalla suoralla terällä, vannesahaus päättymättömällä teränauhalla ja pyörösahaus pyöreällä teräkiekolla. Kaarisahaus jäljittelee käsin sahauksesta tuttua terän suoraa liikettä edestakaisin. Vannesahan terä on päättymätön hammastettu teräsnauha, joka voi olla pysty- tai vaakatyypinen. Pyörösahoissa on tukeva runkorakenne ja tarkasti pyörivä terä, jonka ansiosta ne ovat tarkkoja ja tehokkaita työstökoneita. Terinä pyörösahoissa käytetään teräkiekkoja ja ne ovat helppo varustaa numeerisella ohjauksella. (Ihalainen et. al. 1991)

Sahojen terissä käytettäviä materiaaleja ovat pikateräkset, hiiliteräkset sekä kaksimetallit. Terä valitaan työstettävän materiaalin perusteella, joka vaikuttaa terän hammasjaotukseen ja terägeometriaan. Terien kestoa pyritään lisäämään käyttämällä lastuamismestettä, joka tavallisimmin on vesiöljyemulsio. (Ihalainen et. al. 1991; Kalpakjian 1997)

Hionta on luultavasti vanhin lastuava työstömenetelmä, jota voidaan käyttää valmistuksessa aina rouhinnasta viimeistelyhiontaan. Hiomiseen käytettävän terän muoto on geometrisesti epämääräinen ja rintakulma on tavallisesti negatiivinen. Myös hioma-ainerakeen muoto on geometrisesti epämääräinen. Hioma-ainerakeen särmät irrottavat lastuja hiottavan aineen pinnasta ja vaikuttavat siten saavutettavaan pinnankarheuteen ja mittatarkkuuteen. Jos hiomiseen käytetään hiomakappaleita (tavallisesti hiovia laikkoja), niin rakeet on sidottu toisiinsa sideaineen välityksellä, jos taas rakeet tuodaan nesteen mukana työkohteeseen, niin menetelmä katsotaan kuuluvan hienotyöstön piiriin. (Ihalainen et. al. 1991; Kalpakjian 1997)

Aineen irtoaminen hionnassa tapahtuu leikkausmekanismin välityksellä. Siihen vaikuttavia tekijöitä ovat aineen leikkaustaso, -kulma, elastinen muodonmuutos ja plastinen muodonmuutos. Raekoko on keskeisin pinnankarheuteen ja lastuvirtaan vaikuttava tekijä. Hionnan käyttöalue on laaja, sillä menetelmällä voidaan työstää lähes kaikkia aineita, valitsemalla oikean kokoinen laikka ja sopiva lastuamismuoto. Hiomalaikat valitaan geometrisen muodon ja koon perusteella riippuen käyttötarkoituksesta. (Ihalainen et al. 1991)

Hiontaan käytetään rakeita, jotka ovat kovaa ainetta. Aineet voivat olla luonnontuotteita tai keinotekoisia. Tärkein ja eniten käytetty hioma-aine on alumiinioksidi Al_2O_3 , sillä se soveltuu parhaiten useimpien teräslaatujen hiontaan. Alumiinioksidi sopii pitkälastuisille ja suuren vetolujuuden omaavien aineiden hiomiseen. Toinen paljon käytetty hioma-aine piikarbidi SiC, joka soveltuu lyhytlastuisille ja pienen vetolujuuden omaaville aineille. Muita käytettäviä hioma-aineita ovat tekotimantteja, boorinitridi ja boorikarbidi. (Kalpakjian 1997 s577)

2.3 CE- menettely

CE- merkintä on valmistajan osoitus siitä, että tuote täyttää Euroopan unionin sille asettamat vaatimukset. Tämä mahdollistaa edellytykset vapaaseen liikkumiseen Euroopan unionin alueella. Vaatimukset on asetettu tuoteryhmäkohtaisesti. Rakennustuotteilla tämä tarkoittaa, että ne ovat hEN:n (harmonised European standards) eli harmonisoidun tuotestandardin mukaisia. CE- merkintä löytyy tällä hetkellä muun muassa seuraavista tuotteista (TUKES 2013):

- lelut
- koneet
- sähkölaitteet
- henkilösuojaimet
- kaasulaitteet
- telepäätelaitteet
- terveydenhuollon laitteet ja tarvikkeet
- rakennustuotteet.

Tässä diplomityössä käsitellään rakennustuotteita ja erityisesti kantavia rakenteita, joten työ keskittyy niiden CE- hyväksyntään. Samat säännöt koskevat myös muita tuoteryhmiä soveltaen. (TUKES 2013)

Rakennustuotteiden CE- merkintä perustuu rakennustuotedirektiiviin (89/106/ETY), joka on hyväksytty vuonna 1988. CE- merkintää koskevia säännöksiä on muutettu vuonna 1993 direktiivillä 93/68/ETY. Direktiivin vaatimukset on otettu Suomessa voimaan maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999) otetuilla säännöksillä, sekä rakennustuotteiden hyväksynnästä annetulla lailla (230/2003) ja siihen liittyvällä ympäristöministeriön asetuksella (1245/2003). Rakennustuotedirektiivi 89/106 ECC on korvattu rakennustuoteasetuksella CPR 305/2011, joka tuli voimaan 24.4.2011. (Ympäristöministeriö 2004 s.7)

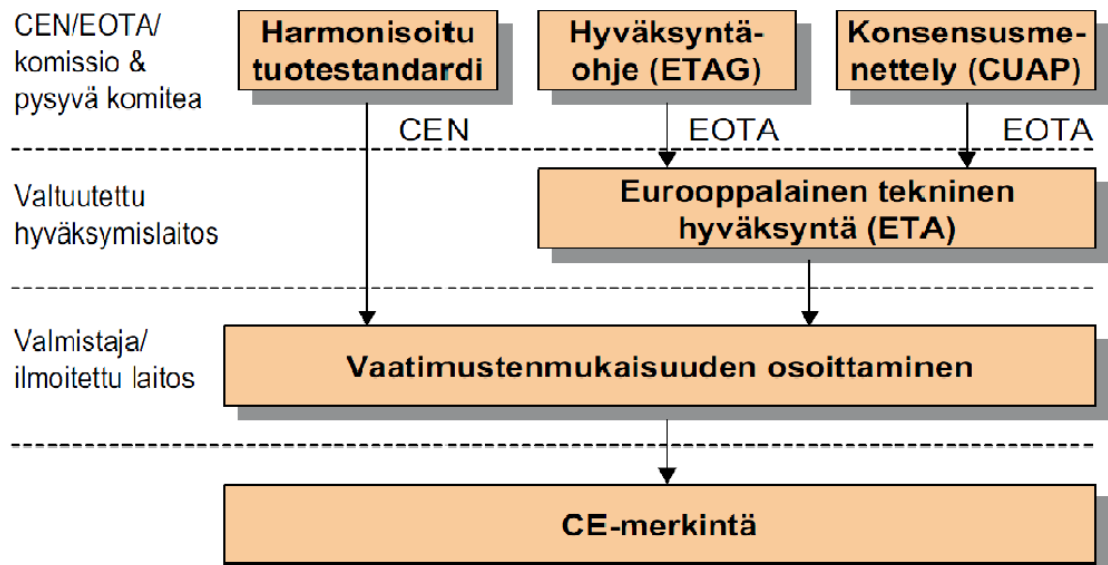
Yritys kiinnittää CE- merkinnän itse tuotteeseensa. Luvan merkinnän kiinnittämiseen saa, kun kolmannen osapuolen ilmoitettu laitos myöntää tuotteelle sertifikaatin. Rakennustuotteiden CE- merkinnän käyttöä Suomessa valvoo TUKES eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Tämä viranomaislaitos pyrkii varmistamaan, että CE- merkintää ei käytetä väärin ja perusteet sen kiinnittämiseen on olemassa. CE- merkintä tulee pakolliseksi rakennustuotteissa rakennustuoteasetuksen mukaisesti 1.7.2103, jos niille on valmiina harmonisoitu tuotestandardi. Kantaville teräs- ja alumiinirakenteille on annettu lisää aikaa aina 1.7.2014 asti. CE- merkintä tulee vaatimuksena kaikkiin rakennustuotteisiin, jollei niitä valmisteta rakennuspaikalla tai ne eivät ole yksittäistilauksia. Historialliselle korjausrakentamiselle on myös omat säädöksensä, eikä CE- merkintää tarvita. (TUKES 2013)

CE- merkinnän tarkoituksena on helpottaa tuotteiden vertailua ja edistää niiden vapaata liikkumista EU:n alueella. Lisäksi päästään eroon kansallisista ja päällekkäisistä viranomaisten hyväksymismenettelyistä. Tavoitteena on saada aikaan koko Euroopan talousalueen kattavat avoimet rakennustuotemarkkinat ja luoda edellytykset mahdollisimman monen valmistajan pääsyyille näille markkinoille. (TUKES 2013)

2.3.1 Harmonisoitu tuotestandardi

Harmonisoitu tuotestandardi eli hEN on Eurooppalaisen standardoimisjärjestön CEN:n laatima CE- merkintään johtava tuotestandardi, josta on julkaistu ilmoitus komission virallisessa lehdessä. CEN laatii EN- standardit ja Suomessa ne vahvistetaan SFS-EN-standardeiksi. Rakennustuotteita koskevan harmonisoidun tuotestandardin erottaa tavallisista standardeista sen harmonisoitu osa liite ZA, joka perustuu rakennustuotedirektiiviin ja pätee myös rakennustuoteasetukseen. Se määrittää tuoteryhmäkohtaisesti tuotteilta selvitettävät ominaisuudet, valmistuksen laadunvalvonnan vaatimukset ja CE-merkinnässä ilmoitettavat tiedot. Kantaville teräs- ja alumiinirakenteille harmonisoitu tuotestandardi SFS-EN 1090-1, josta on julkaistu viimeisin versio vuonna 2011. CE-merkinnän kiinnittää rakennustuotteeseen valmistaja tai valmistajan valtuuttama edustaja, joka voi olla esimerkiksi maahantuoja. Harmonisoitu tuotestandardi ei ole ainoa mahdollisuus saada tuotteelle CE- merkintä, vaan sille voidaan myös hakea eurooppalainen tekninen hyväksyntä (ETA). (Ympäristöministeriö 2004 s.8; Teknologiateollisuus ry et. al. 2012)

Kiinnittämällä CE- merkinnän rakennustuotteeseen, vakuuttaa valmistaja tuotteen olevan sitä koskevan harmonisoidun tuotestandardin tai eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukainen. Tämä tarkoittaa sitä että rakennustuote täyttää vaatimustenmukaisuuden, valmistaja on huolehtinut tehtaan sisäisestä laadunvalvonnasta ja valmistajan ilmoittama riippumaton ilmoitettu laitos on suorittanut sille kuuluvat tehtävät. Kuva 3.1 kuvaa CE- merkinnän hakemisen järjestystä. (Ympäristöministeriö 2004 s8)



Kuva 3.1 CE- merkinnän hakeminen (CEN, the European Committee for Standardization; ETAG, European Technical Approval Guidelines; ETA, european technical approval; EOTA, european organisation technical assessment) (Ympäristöministeriö 2004)

Harmonisoidut tuotestandardit ja eurooppalaiset tekniset hyväksyntäohjeet tulevat voimaan eri tuoteryhmille voimaan eri aikoihin, kun ne valmistuvat. Tästä johtuu useiden vuosien siirtymäajat. Yleisesti rakennustuotteille harmonisoidut tuotestandardit tulevat voimaan 1.7.2013. Kantaville teräs- ja alumiinirakenteille siirtymäaika päättyy 1.7.2014.(Teknologiateollisuus ry et. al. 2012)

2.3.2 Vaativuudenmukaisuus

Vaativuudenmukaisuuden osoittaminen tarkoittaa menettelyjä, joilla valmistaja osoittaa tuotteen valmistuksen, tuotteen ominaisuuksien ja niiden valvonnan vastaavan harmonisoidussa tuotestandardissa tai eurooppalaisessa teknisessä hyväksynnässä esitettyjä vaatimuksia. Rakennustuoteasetuksessa edellytetään kolmea asiaa(Ympäristöministeriö 2004):

1. Valmistaja suorittaa jatkuvaa tuotannon laadunvalvontaa.
2. Valmistajan laadunvalvonnassa asettamat ominaisuusarvot, vaatimukset ja määräkset on dokumentoitu järjestelmällisesti toimintaohjeita ja menettelytapoja koskeviksi kirjalliseksi selvitykseksi.
3. Valmistajan laadunvalvontaorganisaation vastuut on selkeästi määritetty.

Tämän lisäksi useimmiten tarvitaan kolmannen osapuolen varmentamista, tarkastusta ja testausta, siinä laajuudessa kuin kyseisen tuotteen vaativuudenmukaisuuden osoittamisenmenettely edellyttää. Kolmas osapuoli eli ilmoitettu laitos varmistaa, että yrityksen tuote ja toiminta vastaavat CE- merkinnän mukaisia vaatimuksia. Harmonisoidun tuotestandardin liitteessä ZA määritetään mihin AVCP eli Assessment and Verification of Constancy of Performance (1.7.2013 saakka AC- luokka) rakennustuote kuuluu. Luokan

mukaan määräytyy tarve kolmannen osapuolen eli ilmoitetun laitoksen varmentamiselle. Taulukossa 3.1 on esitetty valmistajan ja kolmannen osapuolen roolit eri luokissa. (Ympäristöministeriö 2004)

Taulukko 3.1 Valmistajan ja ilmoitetun laitoksen roolit CE- merkinnän vaatimusten todentamisessa. (Ympäristöministeriö 2004)

		AVCP 1+	AVCP 1	AVCP 2+	AVCP 3	AVCP 4
Valmistaja, maahantuoja	Tuotteen perusominaisuuksien suoritusasoilmoitus	x	x	x	x	x
	- Alkutestaus			x		x
	- Tehtaan sisäinen laadunvalvonta	x	x	x	x	x
	- Tehtaalta otettujen näytteiden testa- us	x	x	x		
Ilmoitettu laitos	- Tuotteen suoritusason pysyvyyden varmentamistodistus	TS	TS			
	- Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan varmentamistodistus			LS		
	- Alkutestaus	TS	TS		TL	
	- Tehtaan ja sen sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastus	TS	TS	LS		
	- Tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuva valvonta, arviointi ja hyväksyminen	TS	TS	LS		
	- Näytteiden pistokoetestaus	TS				
X= Valmistaja tai/ja maahantuoja TS = tuotesertifiointilaitos, LS = Laadunvalvonnan sertifiointilaitos, TL = Testauslaboratorio						

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnilla tarkoitetaan sekä valmistajan suorittamia tuotannon jatkuvaan laadunvalvontaan liittyviä toimenpiteitä, että ilmoitetun laitoksen vastavia toimenpiteitä. Näitä toimenpiteitä valmistajan kohdalla ovat näytteiden otto, testaus-tiheys, tulosten analysointi ja ilmoitetun laitoksen kohdalla esimerkiksi tyyppitestaus, tehtaan laadunvalvonnan alkutarkastus sekä jatkuva valvonta. Vaatimusten mukaisuuden arviointiin liittyvät ohjeet on kirjattu harmonisoituun tuotestandardiin, siinä viitattuun viitestandardiin tai ETAG:ssa ja ETA:ssa. (Ympäristöministeriö 2004)

CE- merkintä osoittaa rakennustuoteasetuksen oleelliset turvallisuusvaatimukset koskien mekaanista kestävyyttä, paloturvallisuutta, hygieniä-, terveys-, ja ympäristönäkökohtia, käyttöturvallisuutta, meluntorjuntaa, energiataloutta ja ikääntymistä. Olennaiset vaatimukset ilmaistaan konkreettisella teknisellä tasolla asetukseen liittyvis-sä perusasiakirjoissa. Se ei kuitenkaan ole tae laadusta tai muusta turvallisuudesta. Se ei kata tuotteen käyttöominaisuuksia, eikä tuotteen käyttöä oikeaan tarkoitukseen. (TU-KES 2013)

Saatuaan sertifikaatin on yrityksellä oikeus laatia vaatimustenmukaisuusvakuutus, joka on osoitus CE- merkinnän kiinnittämisen mahdollisuudesta. Vaatimustenmukaisuusvakuutuksella yritys sitoutuu valmistamaan tuotteen sertifikaatin osoittamalla tavalla. (SFS-EN 1090-1 2010)

2.3.3 Toteutuseritelmä

Kokoonpanoeritelmä on asiakirja, jossa eritellään tuotteen vaatimustenmukaisuus CE-merkinnän vaatimalla tavalla. Se laadinta riippuu ostajan ja valmistaja yhteisestä sopimuksesta. Kokoonpanoeritelmän toteuttaa joko valmistaja, ostaja tai molemmat yhdessä. Valmistaja ja ostaja voivat itse päättää työn jaosta tarjouksen yhteydessä. (SFS-EN 1090-1 2010 s38)

Ostajan tehdessä kokoonpanoeritelmän (PPCS), huolehtii ostaja kaikista kokoonpanon valmistuksessa tarvittavista teknillisistä tiedoista. Tietoihin kuuluvat kaikki valmistuksessa käytettäviä tuotteita koskevat eritelmät. Kokoonpanoeritelmässä esitetään myös kaikki geometriset tiedot sekä työn toteuttamiseen tarvittavat vaatimukset. Ostajan tehdessä kokoonpanoeritelmän valmistajan vastuulle jää tuottaa kokoonpano, joka täyttää PPCS:n vaatimukset ja noudattaa valmistuksessa joko standardia EN-1090-3(alumiinituotteet) tai standardia EN-1090-2(terästuotteet). (SFS-EN 1090-1 s38)

Valmistajan laatima kokoonpanoeritelmä (MPCS) tulee kyseeseen kun valmistaja huolehtii kaikista teknillisistä tiedoista, joita tarvitaan kokoonpanoon ja sen kaikkien osien valmistamiseksi. Tässä tapauksessa vaatimustenmukaisuusilmoituksen sisällölle on kaksi vaihtoehtoa:

1. Valmistaja ilmoittaa kokoonpanon geometrian ja materiaaliominaisuudet ja kaikki muut tarvittavat tiedot, joiden perusteella toiset voivat suorittaa rakenteellisen suunnittelun.
2. Valmistaja ilmoittaa kokoonpanon geometrian ja materiaaliominaisuudet ja rakenteelliset ominaisuudet kokoonpanon rakenteellisen suunnittelun perusteella.

Ostajan täytyy toimittaa valmistajalle täydelliset tiedot osa-alueista, joita tarvitaan rakenteellisten ominaisuuksien määrittämiseen sekä kaikki muut tiedot, jotka on otettava huomioon kokoonpanon käytön kannalta. Tiedot tarvitaan suunnitteluselosteen valmistelua varten, joka sisältyy valmistajan toimitukseen, ellei osapuolten välillä muuta soviteta. Molempien tapojen mukaan toimittaessa, sekä PPCS että MPCS, valmistajan täytyy ilmoittaa, että valmistus suoritetaan standardien mukaisesti. (SFS-EN 1090-1 2010 s38)

2.3.4 Alkutestaus

Alkutestauksella tarkoitetaan tuotteelle tehtäviä täydellistä sarjaa testejä osoittamaan sen vaatimustenmukaisuus ennen sen valmistamista tuotannossa. Testauksen tekee valmistaja/tai kolmas osapuoli. Alkutestauksen laajuus ja tekijä riippuvat AVCP- luokasta ja käytettävästä direktiivistä taulukon 3.1 mukaisesti. Alkutestauksen tehtäviin vaikuttaa

myös suorittaako valmistaja vain valmistusta vai suunnittelua ja valmistusta. Vaatimustenmukaisuuden osoittaminen vaatii alkutestausta.

Ensimmäinen tapa tehdä alkutestaus on laskennallinen alkutestaus (ITC). Tällä arvioidaan valmistajan kykyä suorittaa rakenteellista suunnittelua, kun valmistaja tulee ilmoittamaan kokoonpanolle suunnittelun perusteella määräytyviä rakenteellisia ominaisuuksia. ITC tulee perustua valmistajan henkilöresursseihin (suoraan palveluksessa tai alihankittuna), välineisiin ja menettelyihin, joita käytetään rakenteellisten laskelmien suorittamisessa valmistuksen kattamassa kokoonpanovalikoimassa. Rakenteellisen suunnitteluprosessin menettelytavat tulee dokumentoida. Niiden tulee sisältää suunnittelu- ja laskelmat, menetelmät mukaan lukien tietokoneohjelmien käyttö ja laskelmien tulokset. Lisäksi täytyy esittää korjaustoimenpiteet, joihin ryhdytään jos on tarvetta. Laskennallista alkutestausta voidaan käyttää dokumentaationa seuraavien valmistettavien kokoonpanojen samoille toiminnallisille ominaisuuksille. (SFS-EN 1090-1 2010)

Alkutestauksella (ITT) arvioidaan valmistukseen liittyvää suorituskkyä. Suorituskkyä testaavia ominaisuuksia ovat esimerkiksi hitsausohjeet, hitsaajan pätevyyydet, leikkausjälki ja reikien toleranssit. ITT tai ITC näytteenotto, arviointi ja vaatimustenmukaisuus kriteerit vaaditaan seuraavista ominaisuuksista, jotka on esitetty standardissa SFS-EN 1090-1,

- mittojen ja muotojen toleranssit
- hitsattavuus
- murtumissitkeys/haurastumismurtolujuus
- kantavuus
- väsymislujuus
- muodonmuutos käyttörajatilassa
- palonkestävyys
- palokäyttäytyminen
- vaaralliset aineet
- iskunkestävyys
- säilyvyys.

Jos valmistaja käyttää kokoonpanoja, joiden ominaisuudet valmistaja on jo määrännyt osoittamalla vaatimustenmukaisuuden joidenkin muiden tuotestandardien perusteella, näitä ominaisuuksia ei tarvitse arvioida uudelleen. Tämä edellyttää sitä, että valmistusprosessissa käytetyt tuotteet ja kokoonpanot säilyttävät ilmoitetut ominaisuutensa. Yhdenmukaisen ja soveltuvan eritelmän mukaisesti CE- merkittyjen tuotteiden voidaan olettaa omaavan CE- merkinnässä esitetyt ominaisuudet. (SFS-EN 1090-1 2010)

2.3.5 Tuoteperheet

CE- merkinnän saamiseksi rakennustuotteisiin, voidaan ne jakaa tuoteperheiksi, jotta jokaiselle tuotteelle ei tarvitse hakea merkintää erikseen. Samaa tuoteperheeseen kuuluvien tuotteiden täytyy sisältää samat ominaisuudet ja vaatimukset toistensa kanssa. Tuoteperheisiin jaon hyväksyy ilmoitettu laitos laadunvalvontajärjestelmän alkutarkastuk-

sen yhteydessä. Tuoteperheeseen kuuluvien tuotteiden kaikille tuotteille ei tarvitse järjestää alkutestausta, vaan riittää että yksi perheen tuotteista on testattu ja muut ryhmän tuotteet menevät samojen ominaisuuksien alle, jotka ovat lueteltu kappaleessa 2.3.4. (SFS-EN 1090-1 2010)

Kantavissa teräsrakenteissa tuoteperheiksi jako voidaan tehdä tuotteiden valmistusmenetelmien perusteella. Erilaisille hitsausmenetelmille on eri vaatimuksia, joten samalla hitsausmenetelmillä valmistettavat tuotteet voivat olla oma ryhmänsä. Hitsausta tarvitsemattomat tuotteet voivat olla yksi ryhmä. Valmistusmenetelmät eivät ole ainoa asia, joka pitää ottaa huomioon jaettaessa tuotteita tuoteperheisiin, vaan myös niiden toteutusluokka vaikuttaa perheiden muodostukseen. Vaativampaan toteutusluokkaan kuuluvat tuotteet vaativat parempaa alkutestausta ja laadunvalvontaa, vaikka valmistusmenetelmät olisivatkin yhtäläiset alempaa toteutusluokkaa olevien tuotteiden kanssa. (SFS-EN 1090-1 2010)

Kantaville teräsrakenteille on neljä toteutusluokkaa EXC1, EXC2, EXC3 ja EXC4. Tuotteen valmistus toteutusluokan mukaan riippuu sille asetettavista kriteereistä. Kriteerijä toteutusluokan valintaan tulee seuraamusluokista, käyttöluokista ja tuotantoluokista. Taulukosta 3.2 näkyy eri luokkien vaikutuksen toteutusluokan valintaan.

Taulukko 3.2 Toteutusluokat (SFS-EN 1090-1 2010)

Seuraamusluokat		CC1		CC2		CC3	
Käyttöluokat		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Tuotantoluokat	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC3
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3	EXC4
Toteutusluokkaa EXC4 käytetään aina seuraamusluokassa CC3 sääntöjen edellyttämällä tavalla erityisrakenteille tai rakenteille, joiden vaurio voi aiheuttaa ääriimmisiä seuraamuksia							

Taulukko 3.3 Tuotantoluokat (SFS-EN 1090-1 2010)

Tuotantoluokat	Kriteerit
PC1	<ul style="list-style-type: none"> - Terästuotteista valmistetut kokoonpanot, joissa ei ole hitsejä - Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on alempi kuin S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> - Hitsatut kokoonpanot, jotka on valmistettu terästuotteista, joiden lujuusluokka on S355 tai enemmän - Rakenteellisten toimivuuden kannalta tärkeät kokoonpanot, jotka kootaan hitsaamalla työmaalla - Kokoonpanot, jotka valmistetaan kuumamuovaamalla tai joita lämpökäsitellään valmistuksen aikana - Pyöreistä rakenneputkista valmistetut ristikkokokoonpanot, joissa putkien päitä joudutaan leikkaamaan erityiseen muotoon

Taulukko 3.4 Käyttöluokat (SFS-EN 1090-1 2010)

Käyttöluokat	Kriteerit
SC1	<ul style="list-style-type: none"> - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan pääosin vain staattisille kuormituksille (Esimerkki: rakennukset) - Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille matalan seismisen aktiviteetin perusteella ja luokassa DCL - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan nosturista aiheutuville väsytytkuormituksille (luokka S0)
SC2	<ul style="list-style-type: none"> - Rakenteet ja kokoonpanot, jotka suunnitellaan standardin EN 1993 mukaisille väsytytkuormille. (Esimerkkejä: Maantie- ja rautatiesillat, nosturit (luokat S1..S9), rakenteet, jotka ovat alttiina tuulesta, väkijoukosta tai pyörivästä laitteesta aiheutuville värähtelyille) - Rakenteet ja kokoonpanot ja niiden kiinnitykset, jotka suunnitellaan seismisille vaikutuksille seismisen aktiviteetin perusteella luokissa DCM ja DCH
DCL, DCM, DCH ovat standardin EN 1998-1 mukaisia sitkeysluokkia. S0..S9 nostureista aiheutuvat väsytytkuormien luokittelu standardeista EN 1991-3 ja EN 13001-1	

Taulukko 3.5 Seuraamusluokat (SFS-EN 1090-1 2010)

Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetystä tai hyvin suurten taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset joissa seuraukset suuret (esim konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetysten tai merkittävien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin ja liikerakennukset; julkiset rakennukset keskisuuret vaikutukset (esim toimistorakennus)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetysten tai pienten tai merkityksettömien taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennukset, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim varastorakennukset)

Taulukoista 3.3, 3.4 ja 3.5 näkee erilaisten ominaisuuksien vaikutuksen toteutusluokan valinnalle. Taulukko 3.3 käsittelee tuotantoluokkia, taulukko 3.4 käyttöluokkia ja taulukko 3.5 seuraamusluokkia. (SFS-EN 1090-1 2010)

2.4 Laadunvalvontajärjestelmä

Laadunvalvontajärjestelmä (FPC, Factory Production System) on olennainen osa CE-merkinnän vaatimaa vaatimustenmukaisuutta. Se käsitellään tässä työssä kumminkin omana kokonaisuutena laajuutensa vuoksi ja koska siihen liittyy vahvasti myös muuta laatuajattelua. Laadunvalvontajärjestelmä vastaa hyvin pitkälti tunnetumpaa laatuajattelua (esimerkiksi ISO 9000 sarja), mutta se ei kata niin laajasti kokonaisuutta yrityksen toiminnasta. Se kattaa ainoastaan tuotteen tai tuotteiden laadunvalvonnan, mutta ei ota kantaa yrityksen muihin toimintaperiaatteisiin. Laadunvalvontajärjestelmä voidaan sisällyttää laatuajatteluun ja toimimaan osana sitä. (SFS-EN 1090-1 2010)

Kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden CE- merkintä vaatii standardin SFS-EN ISO 1090-1 mukaisen laadunvalvontajärjestelmän. (SFS-EN 1090-1 2010) FPC- järjestelmän tulee sisältää kirjallisia menettelytapoja, säännöllisiä tarkastuksia, testauksia sekä arviointeja ja sellaisten tulosten käyttötavan, joiden perusteella valvotaan kokoonpanossa käytettäviä tuotteita, välineitä, tuotantoprosesseja ja valmistettua kokoonpanoa. FPC- järjestelmässä esitettyihin tarkastuksiin, testauksiin ja arviointeihin liittyvät tulokset tulee tallentaa. Laatupoikkeamista tulleet tiedot toimenpiteistä, joihin on ryhdytty, kun valvottavat arvot tai kriteerit eivät ole täyttyneet, tulee tallentaa ja säilyttää valmistajan FPC- menettelyssä esitetyn määräajan. (SFS-EN 1090-1 2010)

Laadunvalvontajärjestelmässä tulee kiinnittää huomiota henkilöstön pätevyysiin ja henkilöiden välisiin vastuisiin. Töitä johtavien ja tekevien henkilöiden käskyvaltasuhteet tulee määrittää. Erityisesti tämä koskee henkilöitä, joiden tarvitsee käynnistää toimenpiteet, joilla estetään poikkeavuudet. Poikkeavuuksien ilmetessä henkilöiden tulee varmistaa vaatimustenmukaisuus ja tunnistaa siihen liittyvät ongelmat sekä dokumentoida ne. Järjestelmän tulee kuvata ne toimenpiteet, joilla varmistetaan, että kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuteen vaikuttaviin toimintoihin osallistuvilla henkilöillä on riittävä pätevyys ja koulutus ottaen huomioon valmistajan valmistettavien kokoonpanojen valikoima ja toteutusluokat. (SFS-EN 1090-1 2010)

Laadunvalvontajärjestelmässä tulee olla dokumentoidut menettelyt, joilla pidetään huolta kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuteen vaikuttavien punnitus-, mittaus- ja testausvälineiden kalibroimisesta ja määrävälein tarkastamisesta kriteerien mukaisesti. Valmistusprosesseissa käytettävät laitteet tulee tarkastaa ja huoltaa säännöllisesti. Tällöin varmistetaan, että niiden käyttö, kuluminen ja vaurioituminen eivät aiheuta merkittävää haittaa valmistusprosesseissa. Tarkastukset ja huoltotoimenpiteet tulee suorittaa ja niitä koskevien tietojen tallentaminen tulee tehdä valmistajan kirjallisten menettelytapojen mukaisesti. Tallenteet tulee säilyttää valmistajan laadunvalvontajärjestelmän menettelyissä määritetyn ajan. (SFS-EN 1090-1 2010)

Rakenteellisen suunnittelun prosessi tulee määrittää, kun valmistaja toteuttaa rakenteellista suunnittelua. FPC- järjestelmän tulee varmistaa yhtäpitävyys suunnitteluselosteen kanssa, yksilöidä laskelmien tarkastamisessa käytettävät menettelyt ja suunnittelusta vastaavat henkilöt. Valmistajan tulee osoittaa, että suunnitteluun liittyvät velvoitteet on täytetty tyydyttävällä tavalla. Osoittamiseen tulee käyttää riittävän yksityiskohtaisia ja tarkkoja tallenteita. Tallenteet tulee säilyttää valmistajan FPC:n menettelyissä määritetyn ajan. (SFS-EN 1090-1 2010)

Valmistuksessa käytettävät tuotteet tulee tarkastaa riittävin tallentein kirjallisen tarkastusmenettelyn mukaisesti. Tuotteiden tulee täyttää niille esitetyt vaatimukset, jonka perusteella voidaan jäljittää tuotteiden oikea käyttö kokoonpanon valmistuksessa. Käytettävien tuotteiden jäljitettävyyden tulee täyttää standardeissa EN 1090-2 ja EN 1090-3 esitetyt vaatimukset. Jäljitettävyyden vaatimukset riippuvat kokoonpanon toteutusluokasta. FPC- järjestelmässä tulee esittää valmistuksessa käytettävien tuotteiden eritelmien säilyttämistä koskevat menettelyt. (SFS-EN 1090-1 2010)

Kokoonpanoeritelmää tulee käyttää valvomaan kokoonpanon valmistusta. Siinä tulee esittää kaikki kokoonpanoa koskeva tieto riittävän yksityiskohtaisesti kokoonpanon valmistamista ja sen vaatimustenmukaisuuden arviointia varten. Toteutusluokka tulee esittää kokoonpanoeritelmässä. Kirjallisella tarkastus- ja testaussuunnitelmalla tulee varmistaa, että valmistetut kokoonpanot ovat kokoonpanoeritelmän mukaisia. Tulokset tulee tallentaa FPC- järjestelmän mukaisesti. Kokoonpanoeritelmiä tulee laatia suunnittelutietojen perusteella ja sen tekemistä on käsitelty enemmän jo luvussa 2.3.3. (SFS-EN 1090-1 2010)

Valmistajan tulee laatia menettelytavat varmistamaan, että kaikille ominaisuuksille ilmoitetut arvot ja luokat saavutetaan jatkuvasti. Tuotteiden ominaisuuksia tulee valvoa tuotannon aikana taulukon 2.10 mukaisesti. Näytteiden otto tulee tehdä myös samaisen taulukon mukaisesti. Jos kokoonpanoeritelmiin sisältyy kokoonpanon ominaisuuksia koskeva tarkastus- ja testaussuunnitelma, sen vaatimuksia tulee noudattaa taulukon 2.10. lisäksi. (SFS-EN 1090-1 2010)

Taulukko 2.10 Tuotteen ominaisuuksien valvonta. (SFS-EN 1090-1 2010)

Ominaisuus	Arviointimenetelmä	Näytteenotto	Vaatimustenmu- kaisuuskriteeri (standardin EN 1090-1 alaluku)
Mittojen ja muotojen tole- ranssit	Tarkastus ja testaus standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukai- sesti	Jokainen kokoon- pano	5.3
Hitsattavuus	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimus- ten tarkistus ainesto- distusten perusteella.	Kaikkien valmistuk- sessa käytettävien tuotteiden doku- menttien tarkistus.	5.4
Murtumissitke- ys/haurasmurtumislujuus (vain teräs kokoonpanoille)	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimus- ten tarkistus ainesto- distusten perusteella.	Kaikkien valmistuk- sessa käytettävien tuotteiden doku- menttien tarkistus.	5.5. ja 5.10
Valmistuksessa käytettävi- en tuotteiden myötölujuus suhteellisuusraja tai mur- tolujuus	Käytettäville tuotteille asetettujen vaatimus- ten tarkistus ainesto- distusten perusteella.	Kaikkien valmistuk- sessa käytettävien tuotteiden doku- menttien tarkistus.	5.2
Rakenteellisen suunnitte- lun perusteella määräyty- vät rakenteelliset ominai- suudet (kantavuus, muo- donmuutos käyttörajatilas- sa, väsymislujuus ja palon- kestävyys)	Tarkistetaan, että suunnittelu tehdään soveltuvan eurokoodin mukaisesti	Tarkistetaan että valmistettuja ko- koonpanoja koske- vat laskelmat ovat asianmukaiset ja varmennetut	5.6.2
Valmistuksen perusteella määräytyvät rakenteelliset ominaisuudet	Tarkistetaan, että val- mistus tehdään ko- koonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukai- sesti	Tarkistus standar- dien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkas- tusta koskevien vaatimusten ja kokoonpanoeri- telmän mukaisesti	5.6.3
Säilyvyys	Tarkistetaan, että val- mistus tehdään ko- koonpanoeritelmän ja standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukai- sesti	Tarkistus standar- dien EN 1090-2 tai EN 1090-3 tarkas- tusta koskevien vaatimusten mu- kaisesti	5.11

Ei-vaatimustenmukaisten tuotteiden käsittelyyn tulee olla kirjalliset menettelytavat. Tapauksia koskevat tiedot tulee tallentaa ja tallenteita tulee säilyttää valmistajan kirjallisissa menettelyissä määritelty vähimmäisaika. Noudatettavien menettelytapojen tulee olla standardien EN 1090-2 tai EN 1090-3 mukaisia. (SFS-EN 1090-1 2010)

Hitsaus on erikoisprosessi, jolle joudutaan pitämään omaa erityistä laadunvalvontaa. Kuten aikaisemmin kappaleessa 2.2.3 on käsitelty, hitsauksen laadunvalvonta jakaantuu kolmeen eri osa-alueeseen ennen, hitsauksen aikana ja jälkeen tehtävä laadunvalvonta. Laadunvalvonta järjestelmässä tulee varmistaa, että kaikki hitsaukseen liittyvät laatuasiakirjat ovat kunnossa ennen hitsauksen aloittamista. Näitä laatuasiakirjoja ovat (SFS-EN 1090-1 2010):

- teknisen katselmuksen pöytäkirjat,
- materiaalitodistukset,
- hitsausaine todistukset,
- hitsausohjeet,
- laitteiden huolto raportit,
- hitsausohjeiden hyväksymispöytäkirjat (WPQR, Welding Performance Qualification Report),
- hitsaajien pätevyystodistukset,
- tuotantosunnitelma,
- NDT (Nondestructive testing)- tarkastajien pätevyystodistukset,
- lämpökäsittelyohjeet ja –todistukset,
- rikkomattoman ja rikkovan ainekoetuksen ohjeet ja pöytäkirjat,
- mittauspöytäkirjat,
- korjausten pöytäkirjat,
- muut asiakirjat vaadittaessa.

Osa asiakirjoista syntyy vasta hitsauksen aikana. (SFS-EN 1090-1 2010)

Hitsien tarkastuslaajuus riippuu toteutusluokasta. Hitsauksen laatuvaatimukset toteutusluokittain määräytyvät seuraavasti standardin EN ISO 3834 mukaan:

- EXC1: Osa 4 Peruslaatuvaatimukset,
- EXC2: Osa 3 Vakiolaatuvaatimukset,
- EXC3 ja EXC4 Osa 2 Kattavat laatuvaatimukset.

Kaikille hitsausliitoksille tulee tehdä silmämääräinen tarkastus. Toteutusluokan EXC1 rakenteiden hitsausliitoksille ei tarvitse tehdä kuin silmämääräinen tarkastus. Muiden toteutusluokkien hitseille tulee tehdä NDT- tarkastuksia seuraavan taulukon 2.11. osoittaman laajuuden mukaisesti. (SFS-EN 1090-1 2010)

Taulukko 2.11. Hitsauksen tarkastaminen. (SFS-EN 1090-1 2010)

Hitsin tyyppi	Konepaja- ja työmaahitsit		
	EXC2	EXC3	EXC4
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut, joihin kohdistuu vetojännitys U \geq 0,5 U<0,5	10 % 0 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Poikittaiset päittäishitsit ja osittain läpihitsatut hitsit: Ristiliitoksissa T- liitoksissa	10 % 5 %	20 % 10 %	100 % 50 %
Poikittaiset pienahitsit, joihin kohdistuu vetoa tai leikkausta Kun a > 12mm tai t > 20mm Kun a \leq 12mm tai t \leq 20mm	5 % 0 %	20 % 5 %	100 % 10 %
Läpihitsatut pitkittäiset hitsit nosturin kannattajien uuman ja ylälaipan välissä:	10 %	20 %	100 %
Muut pitkittäiset hitsit ja jäykisteiden hitsit	0 %	5 %	10 %

Muita hyväksyttyjä NDT- menetelmiä ovat tunkeumanestetarkastus (PT, Penetrant Testing), magneettijauh tarkastus (MT, Magnetic particle Testing), ultraäänitarkastus (UT, Ultrasonic Testing) ja radiograafinen kuvaus (RT, Radiographic Testing). Tunkeumanestetarkastusta ja magneettijauh tarkastusta käytetään hitsien pintavirheiden tunnistamiseen ja ultraäänitarkastusta sekä radiograafista kuvausta hitsien sisäisten virheiden etsintään. (SFS-EN 1090-1 2010)

Hitsaukseen toteutusluokissa EXC2 ... EXC4 tulee käyttää hyväksyttyjä hitsausohjeita ja hitsauksen koordinoitua. Hitsausohjeet voidaan hyväksyttää menetelmäkokeella, esituotannollisella kokeella, standardimenetelmällä, aikaisemmalla kokemuksella tai testatuilla lisäaineilla. Toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 ainoat mahdolliset tavat hyväksyttää hitsausohje ovat menetelmäkoe tai esituotannollinen koe. Toteutusluokassa EXC 2 on mahdollista käyttää myös muita hyväksyttämiskeinoja tietyin rajoituksin. Rajoituksia on esitelty standardissa EN ISO 1090-2, sekä menetelmien omissa standardeissa (standardimenetelmä EN ISO 15612, aikaisempi kokemus EN ISO 15611 ja testatut lisäaineet EN ISO 15610). Eri toteutusluokissa on myös eri vaatimukset hitsausoperaattoreiden pätevyyksille. Kantavien teräsrakenteiden hitsaajien tulee olla pätevoidettyjä. (SFS-EN 1090-1 2010)

Muiden prosessien kohdalla laadunvalvontajärjestelmässä tulee esittää keinot, joilla pidetään huolta, että tarvittaviin toleransseihin ja mittoihin päästään jatkuvasti tuotannossa. Esimerkiksi leikkauksen kohdalla joudutaan tekemään määrääjain kokeita, jotta pystytään osoittamaan, että leikkauksen pinnanlaatu ja pinnan kovuus arvot ovat riittävällä tasolla. Kuten taulukossa 2.11 käy ilmi niin toleranssit tulee tarkastaa jokai-

sesta kokoonpanosta. Mekaanisen kiinnittämisen tarkastaminen on yksi osa laadunvalvontaa. Kiinnittäminen tulee toteuttaa ohjeiden mukaisesti ja ruuvikokoonpanoja tulee tarkastaa toteutusluokissa EXC2 ... EXC4 sattumanvaraisesti. Toteutusluokassa EXC2 5% ruuvikokoonpanoista ja toteutusluokissa EXC3 ja EXC4 5% ruuvikokoonpanoista kiinnityksen ensimmäisessä vaiheessa ja 10% kokoonpanoista toisessa vaiheessa kiristystä. Myös kuumaniiteille, pintakäsittelylle ja pinnanesisivalmistukselle on olemassa omat tarkat vaatimuksensa tarkastusten suhteen, mutta niiden tarkasteleminen ei ole tarkoituksen mukaista tässä työssä. (SFS-EN 1090-1 2010)

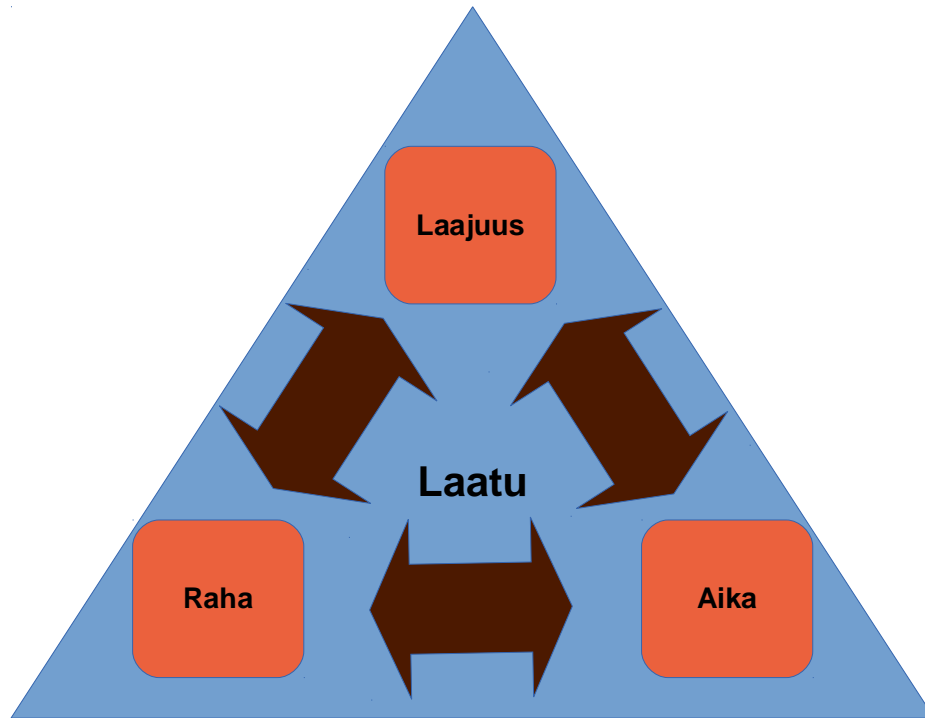
2.5 Tuotannon mittaristot

Laadun tuottokykyyn liittyy vahvasti myös mittaaminen. CE- merkintä vaatii tuotteen arvojen mittaamista. Toleranssit, NDT- tarkastukset ja pinnanlaatu ovat tuotteen ominaisuuksia mittaavia arvoja. Näiden mittauksien avulla pystytään osoittamaan, että tuote saavuttaa siltä vaaditun vaatimustenmukaisuuden. Tuotteen laatu on tärkeää, mutta siihen päästään vain laadukkaalla toiminnalla. Luvussa 2.5 tuotannon mittaristot käsitellään laadukkaan toiminnan mittareita, joita seuraamalla voidaan yrityksen toiminnassa päästä uudelle tasolle ja valmistaa jatkuvasti laadukkaita ja arvoa lisääviä tuotteita. CE-merkintä itsessään ei ole laadunlaatu, mutta se on osoitus vaatimustenmukaisuuden saavuttamisesta ja siitä, että yrityksessä panostetaan myös muihin laadun osa-alueisiin. Kappaleessa käydään läpi myös laadun tuottamisen periaatteita, joita myös käytetään laadunvalvontajärjestelmän luomiseen ja prosessien toteuttamiseen.

Laatu ei ole yksiselitteinen käsite ymmärtää. Vuosien saatossa sille on annettu erilaisia määritelmiä. Yksi tapa esittää laatu käsitteenä on arvoperusteinen, tällöin (Lewis 2011):

$$arvo = \frac{laatu}{hinta} \quad (8)$$

Maailmalla on suuri määrä erilaisia laadun määritelmiä, jotka varmasti kaikki ovat omalla tavallaan oikeassa. Tässä työssä laadun määrittelyyn työnkannalta otettiin pohjaksi laatukolmio jolla voidaan kuvata yrityksen toiminnan laatua. Laatukolmio kuvaa toiminnan laadun koostumista muista osa-alueista. Laatukolmio on esitetty kuvassa 2.5.



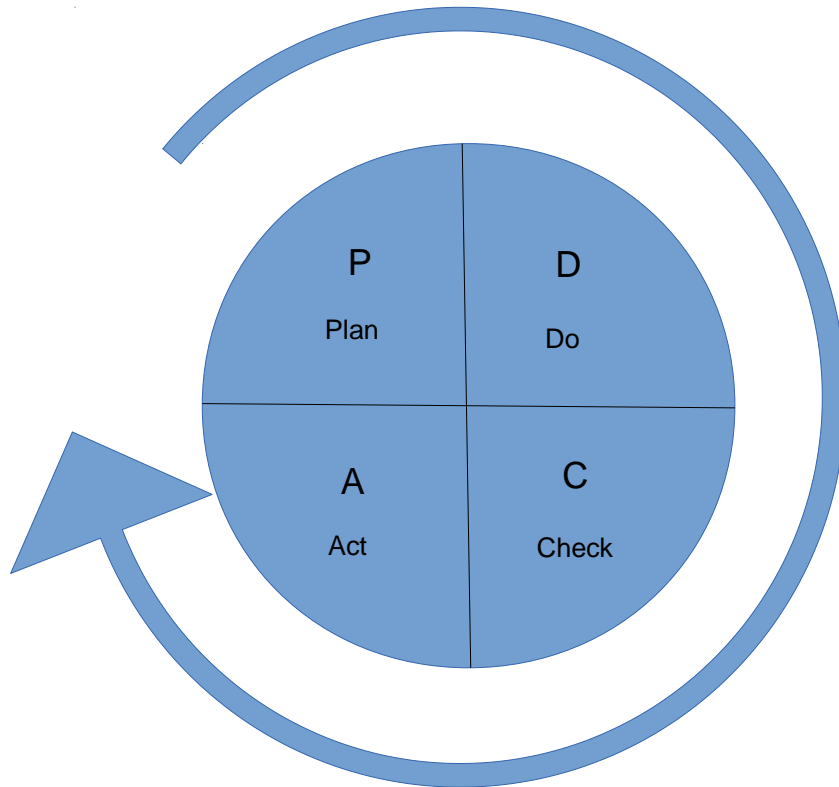
Kuva 2.5 Laatukolmio (Lewis 2011)

Kuvassa sana laatu kuvaa yrityksen toiminnan tai tuotteen laatua. Siihen vaikuttavia mittareita ovat toiminnan laajuus, raha ja aika. Paras toiminnan laatu saadaan aikaiseksi, kun nämä kolme eri mittaria ovat tasapainossa keskenään. Yhden osa-alueen kolmesta korostaminen liikaa heikentää muiden osa-alueiden arvoa ja vaikuttaa näin heikentävästi toiminnan laatuun. Esimerkiksi työn venyminen ja siihen käytetty ylimääräinen aika kuluttaa rahaa, mutta ei välttämättä paranna tuotteen laatua. Toisaalta ylilaadukkaan tuotteen valmistaminen kuluttaa sekä aikaa ja rahaa, mutta ei anna kilpailuetua markkinoilla. (Lewis 2011)

Näitä laadukkaan toiminnan kolmea eri osa-aluetta on vaikea mitata yhdessä, mutta yksittäin niitä voidaan mitata. On myös mittareita, jotka mittaavat kahta osa-aluetta yhtä aikaa. Ainoa kaikkia kolmea osa-aluetta mittaava mittari on yrityksen pitkän aikavälin kannattavuus. Pitkällä aikavälillä kannattavuus osoittaa, että toiminnan laatu on ollut kunnossa. Sen perusteella on kumminkin vaikea havaita ongelmia toiminnassa, ennen kuin on liian myöhäistä ratkaista niitä. Tämän takia on syytä käyttää myös mittareita toiminnassa, jotta voidaan havaita tehtyjä virheitä aikaisemmin ja korjata niitä. (Haverila et al. 2009; Lewis 2011)

Tuotteen laadun mittaamiseen on esitetty tapoja jo aikaisemmin tässä työssä. CE-merkinnän vaatima laadunvalvontajärjestelmä laittaa yrityksen mittaamaan tuotteen laatua sen vaatimustenmukaisuuden osoittamiseksi. Järjestelmä ei tosin takaa, että tuote suunniteltu oikeaa tarkoitukseen sopivaksi, mutta sen tarkoitus on estää laadun heittelyt tuotannossa. Tässä kappaleessa ei tästä johtuen enää keskitytä tuotteen ominaisuuksia mittaavien mittareiden läpikäymiseen. (SFS-EN 1090-1 2010)

Yksi tapa luoda toimiva prosessi on niin kutsuttu Demingin laatuympyrä. Laatuympyrän perusajatuksena on jatkuva parantaminen, joka on jaettu neljään eri osioon. Demingin laatuympyrä on esitetty kuvassa 2.6.



Kuva 2.6 Demingin laatuympyrä (Laatutieto 2013; King 2009)

Ympyrä alkaa kohdasta Plan (suunnittele), joka kuvaa prosessin tai työn suunnittelemista ennen sen toteuttamista. Suunnittelun jälkeen siirrytään seuraavaan vaiheeseen Do (toteuta), joka kuvaa prosessin läpiviemistä. Tämän jälkeen pääsään kolmanteen vaiheeseen Check (arvioi), joka on toteutuksen onnistumisen arviointia. Neljäs vaihe, johon siirrytään kolmannen vaiheen jälkeen, on Act (paranna). Paranna vaiheen tarkoitus on parantaa prosessin toimintaa arvioinnin perusteella. Tämän jälkeen voidaan siirtyä takaisin ensimmäiseen vaiheeseen Plan. Ympyrän tarkoitus on kuvata jatkuvan parantamisen prosessia. Prosessin kehittyminen jatkuvasti vaatii sen mittaamista ja toimivuuden arviointia, jonka perusteella voidaan kehittää sitä. (Laatutieto 2013; King 2009)

Asioiden suunnittelu ennalta tarkoittaa koko prosessin läpiviemisen suunnittelua, mutta myös prosessin mittaamisen suunnittelua. Ennalta on tarkoitus määritellä kontrollipisteet, joissa prosessia tarkastellaan ennalta määrättyin mittarein. Mittareiden suunnitteleminen on jatkuvan parantamisen kannalta tärkeää, jotta saadaan tarvittavaan informaatiota prosessin toiminnasta. Prosessin toteuttaminen tulee tehdä suunnitelmien mukaan ja tällöin täytyy mitata prosessin toimivuutta ennalta määrättyissä kontrollipisteissä. Kun prosessi toteutetaan suunnitelmien mukaan, voidaan sen toimivuutta arvioida myös paremmin. (Laatutieto 2013; King 2009)

Arviointi tapahtuu mitattujen arvojen perusteella. Niitä verrataan suunnitteluvaiheessa määritettyihin tavoitteisiin. Tavoitteet on tullut asettaa tarpeeksi korkealle, jotta arviointia pystytään tekemään. Tavoitteet eivät voi olla kumminkaan liian korkealla. Arvioinnin perusteella lähdetään parantamaan toimintaa. Prosessin parantaminen tapahtuu ennalta määrättyjen kontrollipisteiden tuottamien arvojen perusteella. Tarkoitus on nähdä, missä kohdassa prosessia on eniten parannettavaa. Jatkuvalle parantamisella pyritään toiminnan kehittymiseen kokoajan, eikä ainoastaan uusien innovaatioiden ansiosta. (Laatutieto 2013; King 2009)

Yksi johtava johtamisfilosofia tällä hetkellä on Lean- ajattelu. Lean on laatujohtamisen periaatteiden soveltamista tuotantoon. Se perustuu seitsemän erilaisen turhuuden (tuottamattoman toiminnon) poistamiseen, sekä virtauksen maksimointiin. Turhuuksien poistamisella pyritään parantamaan asiakastyytyväisyyttä, laatua sekä pienentämään toiminnan kustannuksia ja lyhentämään tuotannon läpimenoaikoja. Lean- ajattelulla pyritään tuottamaan oikea määrä oikeanlaatuisia oikeita asioita oikeaan aikaan oikeaan paikkaan. Samaan aikaan vähennetään kaikkia tuottamattomia toimintoja ja ollaan joustavia sekä avoimia muutoksille. Arvoa tuottamattomiksi toiminnoiksi lasketaan (Wilson 2010):

- kuljetukset,
- varastot,
- liike,
- odotusaika,
- ylituotanto,
- yliprosessointi,
- viallinen tuote.

Näiden tuottamattomien toimintojen poistaminen on Leanin keskeinen ajatus. (Laatutieto 2013; King 2009; Wilson 2010)

Ongelmien poistamiseksi Lean- ajattelu tarjoaa useita työkaluja. Lean työkaluja ovat esimerkiksi 5s, VSM (Value Stream Map) eli arvovirtakuvaus, imuohjaus, Poka-Yoke, SMED(Single-Minute Exchange of Die), JIT(Just In Time), JOT(Just On Time), Kaizen, asetusten vähentäminen ja Kanban. Lean- ajattelu on saanut nimensä ja lähtenyt liikkeelle Japanista. Lean- tuotanto termi tuli tunnetuksi kirjasta The Machine that Changed The World. Kirjan kirjoittivat MIT:n professorit kuvaten Japanilaisten autotehtaiden tuottavuuden parannusta Yhdysvalloissa. Lean perustuu alun perin Toyotan tuotantosysteemiin (Toyota Production System, TPS), jolla tarkoitetaan yrityksen sisäistä tuotantofilosofiaa. Tuotantofilosofiaa on kehitelty lähes sata vuotta. Toyotan menestys perustui Lean- tuotannon kehittämiseen ja perustui viiteen eri ydinkonseptiin(Wilson 2010):

- Arvon määrittämisen perustuminen asiakkaan näkemykseen,
- Arvoketjun tunnistaminen ja kaiken arvoa tuottamattoman toiminnan poistaminen,
- Arvoketjun perustaminen asiakkaan tarpeisiin perustuvaan imuohjaukseen,
- Työntekijöiden osallistuminen kehittämiseen,

- Toiminnan jatkuva kehittäminen.

Leanin tarkoitus ei ole muuttaa tuotantosysteemin rajoja siis luonnonlakeja. Lean ymmärretäänkin varsin usein väärin. Kuvitellaan, että siihen liitetyt työkalut itsessään ratkaisisivat ongelmat. Työkalujen oikea tarkoitus on ainoastaan kaivaa prosessista ongelmat esiin. Tämän jälkeen jää ihmisten tehtäväksi ratkoa ongelmat työkalujen ja konseptien avulla. Työntekijöillä on keskeinen rooli Leanissa ongelmien ylösnostajana, jonka jälkeen esimiehillä täytyy olla riittävä tietotaito ongelmien ratkaisemiseksi. Lean kannattaakin yhdistää ennemmin perustavaa laatua oleviin ajattelu- ja käyttäytymismalleihin, kuin tekniikoihin ja työkaluihin. Perustana ovat jatkuva parantaminen ja sopeutuminen. (Lapinleimu 2007; Wilson 2010)

5s eli viisi kysymystä on viiden kysymyksen sarja, jota käytetään Lean työkaluna. Se tarjoaa rutiinin ja ajatusmallin jokaiseen prosessiin tai tilanteeseen lähestymiseksi ja auttaa oppimisessa. Nämä viisi kysymystä ovat (King 2009):

1. Minne halutaan päästä? (Haaste – Lean Visio)
2. Missä ollaan nyt, mikä on todellinen tila nyt?
3. Mikä on välitavoite, mitkä esteet estävät meitä nyt saavuttamasta tavoitetilaa?
4. Mitä toimenpiteitä tarvitaan toteutukseen ja mikä on seuraava askel? (Seuraavan PDCA- syklin alku)
5. Miten ratkaisen ongelmat? Milloin voimme nähdä, mitä olemme oppineet tuon askeleen ottamisesta?

Nämä viisi kysymystä perustuvat aiemmin esitellyn W.E. Demingin laatuympyrään ja hänen luomaan operatiivisen määritelmään. Operatiivinen määritelmä pakottaa ottamaan kantaa millä keinoilla saavuttaa tavoite, sekä kuinka mitata tavoitetta. PDCA-ympyrässä yhdistyvät puolestaan ideointi (deduktio) ja kokeellinen testaus (induktio). Viisi kysymystä muodostaa ketjun, joka voidaan yhdistää perättäisiksi parannustapah- tumiksi. PDCA- sykliä käytetään ongelmien paljastamiseen ja ongelmien ratkaisuun. Tämä perättäisten parannusten ketju luo vakaan ja tehokkaan prosessin toteuttaa organi- saation tarvitsemia muutoksia tuloperusteisesti. (Laatutieto 2013; King 2009)

Arvovirtakuvausta (Value Stream Map) käytetään virtauksen esteen tunnistami- seen. Sillä pystytään myös priorisoimaan arvovirtaa. Tehokkuuden eli nopeuden nostaminen on keskeistä oikeiden ongelmien tunnistamisessa ja ratkaisemisessa. Systeeminäkemys on arvon virtauksessa perustavaa laatua oleva Lean periaate. Toimintaa arvioidaan siis asiakkaan näkökulmasta horisontaalisesti, eikä yritys- ja näkökulmasta funk- tionaalisesti. Arvovirtaus on kokonaisjaksoaika tai läpimenoaika, joka kuluu, kun asia- kas esittää tilauksensa ja saa sen käyttöönsä. Tämän ajan minimoiminen on pyrkimyksenä, eikä ainoastaan lisäarvon luominen vaan on saatava aikaan myös arvovirtaus. Ar- vovirtausta voidaan siis kuvata menetelmällä arvovirtakuvaus. Siinä voidaan esittää materiaali- ja informaatiiovirrat sekä toimintaa kuvaava prosessidata. (King 2009)

Muita työkaluja ovat jo aikaisemmin mainitut imuohjaus, kanban, JIT, JOT, Kaizen, TOC (Theory of constraints), Simulaatio, SMED ja asetusten vähentäminen.

Imuohjaus on tuotannon ohjauksen muoto, jossa tuotteita valmistetaan vain jos asiakkaat niitä tilaavat. Kanban tarkoittaa signaalia ja se liittyy visuaalisiin työkaluihin, jotka kuvaavat jonkun tarkasteltavan asian todellista tilaa. Sitä käytetään imujärjestelmässä signaloimaan, koska tuotanto tulisi alkaa. JIT tarkoittaa tuotteen valmistamista juuri oikeaan aikaan, kun asiakas sitä tarvitsee. JOT (Juuri oikeaan tarpeeseen) antaa asiakaille sitä mitä he haluavat, sillä laadulla kun he haluavat ja silloin kun he haluavat minimoimalla käytetyt voimavarat. (Laatutieto 2013; Leaniksi 2013; Lapinleimu 2007)

Kaizen on kahden japaninkielisen termin yhdistelmä. Kai tarkoittaa muutosta ja Zen hyvää. Kaizenit ovat keino jatkuvan parantamisen toteuttamiseen hukkan eliminomiseksi. Kaizen liittyy jatkuvaan parantamiseen, jossa hukkaa(Muda) eliminoidaan yksi kerrallaan mahdollisimman pienin kustannuksin. Kaizeneihin osallistuvat kaikki organisaation jäsenet, eivät pelkästään niihin erikoistuneet organisaatiokehittäjät. TOC eli Theory of constraints on ajattelutapa, jolla pyritään hallitsemaan eri asioita paremmin, jotta niille asetetut tavoitteet saavutetaan. TOC- teoriaa voidaan kutsua esteiden teoriaksi tai kapeikkoajatteluksi. Teoria perustuu ajatukseen, että jokaisessa systeemissä on este tai rajoite, joka rajoittaa tavoitteeseen pääsyä. TOC:n avulla pyritään siis tuottavuuden parantamiseen, tunnistamalla tavoitteeseen pääsemisen rajoite. Tunnistamalla rajoite voidaan hallita tuotantoprosessia paremmin. (Leaniksi 2013; Lapinleimu 2007; King 2009)

Simulaatio on todellisuuden jäljittelyä mielikuvitusmaailmassa. Yleensä simulaatio tehdään tietokoneen avulla, jolloin rakennetaan keinotekoinen todellisuus, joka pyrkii jäljittelemään todellisuutta mahdollisimman hyvin. Se liittyy asetusajan vähentämiseen vaihdettaessa tuotannossa olevaa tuotetta seuraavaan tuotteeseen. (Leaniksi 2013; King 2009)

Lean- ajatteluun liittyy läheisesti myös Six Sigma. Six Sigma on joukko menetelmiä ja käytäntöjä, joilla parannetaan systemaattisesti prosessia. Tavoitteena on pienentää vaihtelua prosessin ulostulossa eli tuotteissa. Vaihtelun pienentäminen tapahtuu tutkimalla prosessin syyseuraussuhteita ja tekemällä onnistuneita muutoksia ulostuloon vaikuttaviin muuttujiin. Six Sigma- parannustyökaluja käytetään Lean- toteutuksen apuna ongelmanratkaisussa ja tästä syystä nämä kaksi periaatetta liittyvät toisiinsa vahvasti. (Laatutieto 2013; Georg 2002)

Six Sigman keskeisenä ajatuksena on keskittyä prosessin vaihteluun ja parantaa sen suorituskkyä (Capability). Se perustuu tieteelliseen parannusmetodiin, jossa hyödynnetään tilastollista ajattelua ja menetelmiä. Vaihtelun pienentäminen vähentää hukkaa, josta seuraa virtauksen (kapasiteetti) kasvaminen. Six Sigma keskittyy vaihtelun minimoimiseen ja Lean keskittyy hukkan poistamiseen. Terminä Six Sigma kuvaa suorituskkyisen prosessin kykyä tuottaa huippulaatua, jolloin oikein toimivissa prosesseissa virheiden määrä on alle 3,4 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta kohden (DPMO, Defects Per Million Opportunities). Virhe on tuotteen tai palvelun laatu poikkeama sovitusta spesifikaatorajoista. Six Sigma pyrkii saamaan prosesseissa aikaan radikaaleja muutoksia pienten parannusten sijaan. (Laatutieto 2013; George 2002)

Six Sigman työkaluina käytetään DMAIC- menetelmää ja DOE (Design of Experiments) eli koesuunnittelua. DMAIC on ongelmaratkaisumenetelmä, joka tuo järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää ratkaisu liiketoiminnan kehittämiseen. DMAIC on lyhenne sanoista Define, Measure, Analyze, Improve ja Control. Ensimmäinen askel Define (määrittele) tarkoittaa liiketoiminnan ongelman, maalin, potentiaalin, resurssien, liikkumavaran ja korkeantason aikataulun selventämistä. Selvitetään siis, mitä tällä hetkellä prosessista tiedetään. Etsitään ja selvennetään faktoja, asetetaan päämääriä ja muodostetaan projektitiimi. Tarkoitus on määritellä ainakin seuraavat asiat (George 2002):

- ongelma,
- asiakkaat,
- kriittinen laatuvaatimus eli mitkä ominaisuudet ovat kriittisiä ulostulon kannalta,
- projektin tavoite aihealue,
- projektin tavoite tai päämäärä,
- projektin rajat tai liikkumavara,
- projektin perustuskirjan luominen.

Tarpeiden määrittäminen vaikuttaa huomattavasti DMAIC- prosessin läpiviemiseen. (Laatutieto 2013; George 2002)

Measure(mittaa) DMAIC- menetelmän seuraava vaihe. Tämän askeleen tarkoitus on luoda nykyisistä lähtökohdista perusta muutokselle. Tämän askeleen aikana on tarkoitus kerätä mahdollisimman paljon tietoa, jonka tarkoitus on luoda suorituskypin prosessi tunnistetuista lähtökohdista. Tiimin tarkoitus on päättää mitä mitataan ja miten mitataan. Hyvän tiedon kerääminen on DMAIC- prosessin perusta. Tärkeitä huomioita otettavia asioita ovat (George 2002):

- Miten prosessin suorituskypyyä aiotaan mitata?
- Mitä tietoa prosessista tarvitaan ongelman ratkaisemiseksi?
- Onko tieto kelvollista ja tarkkaa?
- Mikä on prosessin suorituskypyn nykytaso?
- Pitääkö prosessissa saada keskiarvoa siirtymään vai pienentää vaihtelua?
- Missä osaprosessissa tai toiminnoissa ongelmaa pitää tutkia?
- Mistä seikoista Y saattaa riippua? $Y=f(X1, X2... Xn)$

Tärkeää on myös arvioida mittausjärjestelmän toimivuutta. Esimerkiksi mittausjärjestelmästä johtuvia virheitä voivat olla mittausvälineistä johtavat, ihmisestä johtuvat tai mittaaajan ja mittauslaitteen välisestä vuorovaikutuksesta johtuvat. (Laatutieto 2013; IMS Toimintajärjestelmä 2013; George 2002)

Kolmas vaihe DMAIC- menetelmässä on Analyze(analysoi). Tässä vaiheessa on tarkoitus paneutua kerättyyn mittausdataan ja löytää sieltä ongelmat prosessissa. Ongelmat tulee arvioida ja arvottaa, jotta voidaan paneutua tärkeimpiin ongelmiin. Tärkeitä pohdittavia kysymyksiä ovat(George 2002):

- Mitkä syyt todennäköisemmin aiheuttavat ongelman?
- Onko syitä monia, onko syy itsestään selvä?

- Miten todennäköisimpiin syihin päädyttiin?
- Mitä graafisia ja tilastollisia työkaluja syiden analysoinnissa käytettiin?
- Mitä syiden poistaminen mahdollisesti maksaa?

Analysointi kannattaa tehdä monen ihmisen voimin. (IMS Toimintajärjestelmä 2013; George 2002)

Analysoinnin jälkeen voidaan siirtyä Improve(paranna) vaiheeseen. Paranna vaiheessa on tarkoitus löytää ratkaisut ongelmiin. Tiimin täytyy miettiä miten ongelma voidaan ratkaista ja onko mahdollisesti olemassa vaihtoehtoisia ratkaisuja. Tiimin täytyy olla hyvin tietoinen siitä, kuinka paras mahdollinen ratkaisu vaihtoehto valitaan ja kuinka ratkaisun vaikutuksia voidaan seurata. Ratkaisuissa on aina riskejä, mutta niitä tulisi tässä vaiheessa minimoida. Ratkaisujen löytämiseksi on olemassa useita työkaluja, kuten aivoriihi, mind- mapping, FMEA(Failure Mode and Effects Analysis), erilaiset pohdintamatriisit ja koesuunnittelu. (Laatutieto 2013; George 2002)

DMAIC- prosessin viimeinen vaihe on Control(valvo). Valvominen tarkoittaa tehtyjen ratkaisuiden toimivuuden ja pysyvyyden varmistamista. Valvontaan tulee tehdä selkeä valvontasuunnitelma, jotta voidaan varmistua sen riittävydestä. Prosessia tulee mitata, valvoa ja dokumentoida. Kannattaa myös miettiä voidaanko kyseistä ratkaisua käyttää pohjana muissa prosesseissa ja mitä prosessin kehittämisestä opittiin. Erilaisia tapoja valvoa prosessia muutosten jälkeen ovat: mittaaminen, testaus ja tarkastaminen, dokumentointi, tuotesuunnittelu, kannusteet ja ajoittaiset tarkistukset. (IMS Toimintajärjestelmä 2013; George 2002)

Toinen Six Sigman työkalu on koesuunnittelu. Koesuunnittelun ajatuksena on löytää tärkeimmät vaihtelun lähteet. Se tutkii syy- ja seuraussuhdetta useiden prosessin muutustujen ja ulostulojen välillä. Lisäksi pyritään selvittämään tekijöiden välisiä keskinäisvaikutuksia. Koesuunnittelussa kokeen suunnitteleminen on yhtä tärkeä osa prosessia, kuin varsinainen kokeen suorittaminen. Kokeiden tarkoitus on selvittää, mitkä tekijät prosessissa vaikuttavat eniten tuotteen ulostuloon. Koesuunnittelun tavoitteena on johdattaa meidät nopeasti parempaan ratkaisuun. Tehokkuus tarkoittaa sitä, että voit suorittaa suuren määrän kokeita pienellä määrällä testiajoja. Koesuunnittelussa voidaan käyttää seuraavanlaista metodiikkaa(George 2002):

1. Määrittele mikä on käytännön ongelma.
2. Määrittele mikä on kokeiden tavoite.
3. Valitse mitkä ovat ulostulo suureet.
4. Valitse mitkä ovat muuttujat.
5. Valitse mitä tasoja muuttujissa tullaan käyttämään
6. Suunnittele kokeen sisältö.
7. Toteuta kokeet ja kokoa tulokset.
8. Analysoi kokeiden tulokset ja tee tilastolliset johtopäätökset.
9. Tee käytännön johtopäätökset.
10. Toista tai varmista kokeen tulokset.
11. Toteuta ratkaisut.

Koesuunnittelun ideana on näiden vaiheiden ansiosta hakea kokeesta saadun datan avulla ratkaisu tutkittavasta asiasta tai ilmiöstä. (Laatutieto 2013)

Kuten kuvan 2.4 laatukolmiossa esitetään, niin laatuun vaikuttaa kolme osatekijää laajuus, raha ja aika. Tuotteen laadun mittaamista varten yritys voi luoda laadunvalvontajärjestelmän, jota käsiteltiin aikaisemmin. Myös tässä kappaleessa esitetyt laatufilosofiat ajavat laadukkaaseen toimintaan. Viimeisenä tässä kappaleessa käsitellään mittareita, joilla voidaan mitata rahallista kannattavuutta ja aikaa.

Yksinkertaisin tapa mitata rahallista onnistumista on yrityksen tekemä voitto. Voitto ei aina kerro kaikkea yrityksen kannattavuudesta. Tästä syystä on kehitelty erilaisia mittareita mittaamaan yrityksen kannattavuutta. Tässä työssä ei perehdytä näihin mittareihin tarkemmin, vaan ne esitellään ainoastaan laadun mittaamisen osana. Tuloksen mittareista puhutaan yleensä ulkoisenlaskentatoimen tunnuslukuina. Tunnuslukuja lasketaan yrityksen kirjanpidon tilinpäätöksen perusteella. Tärkeitä kannattavuuden tunnuslukuja ovat myyntikate, käyttökate, sijoitetun pääoman tuotto prosentti (ROCE eli Return on Capital Employed), oman pääoman tuottoaste (ROE eli Return on Equity) ja koko pääoman tuottoaste (ROA eli Return on Total Assets). Maksuvalmiuden tunnuslukuja ovat Quick Ratio (QR), Current ratio (CR) ja omavaraisuusaste. (Haverila et al. 2009)

Myyntikate saadaan vähentämällä yrityksen myyntitulosta muuttuvat kustannukset. Käyttökateella tarkoitetaan myyntikatteen ja kiinteiden kustannusten erotusta. Sijoitetun pääoman tuotto prosentti (ROCE) saadaan seuraavalla yhtälöllä (Haverila et al. 2009):

$$ROCE = \frac{\text{nettotulos} + \text{korkokulut}}{\text{korollinen vieras pääoma} + \text{omapääoma}} * 100\% \quad (9)$$

Oman pääoman tuottoaste (ROE) saadaan jakamalla nettotulos oman pääoman määrällä. Koko pääoman tuottoaste (ROA) lasketaan jakamalla nettotulos koko yrityksen pääoman määrällä. (Haverila et al. 2009)

Maksuvalmiuden tunnusluvuista Quick Ratio on yrityksen rahoitusomaisuuden suhde yrityksen lyhytaikaisiin velkoihin. Se kuvaa lyhyen aikavälin maksuvalmiutta. Tavoiteltava arvo tunnusluvulle on yksi. Pienemmällä arvolla yritys saattaa ajautua helposti maksuvaikeuksiin ja toisaalta huomattavan suuri arvo voi kertoa kassavarojen tehotomasta käytöstä (Haverila et al. 2009):

$$QR = \frac{\text{Rahat ja saamiset}}{\text{Lyhytaikainen vieras pääoma} - \text{saadut ennakkomaksut}} \quad (10)$$

Current ratio kuvaa yrityksen maksuvalmiutta noin vuoden aikajänteellä. Se lasketaan kaavalla (Haverila et al. 2009):

$$CR = \frac{\text{Oma pääoma}}{\text{Taseen loppusumma}} * 100 \quad (11)$$

Omavaraisuusaste on oman pääoman osuus koko pääomasta. Ulkoisenlaskentatoimen tunnuslukujen lisäksi yrityksen kannatta harjoittaa johdon laskentatoimea. Sen tarkoitus on tuottaa yrityksen johdon tueksi taloudellisia laskelmia päätöstilanteisiin. Tällaisia suunnittelulaskelmia ovat esimerkiksi investointilaskelmat ja budjetit. Laskelmat antavat hyvää tietoa yrityksen rahallisesta onnistumisesta, mutta laskenta tapojen läpikäyminen ei ole tämän työn kannalta olennaista. (Haverila et al. 2009)

Tuotannon toimimista voidaan mitata läpimenoaikoja seuraamalla. Läpimenoaika tarkoittaa aikaan, joka tuotteella kestää läpäistä tietty prosessi, toiminto tai tehtävä. Läpimenoaika voi olla jonkin prosessin, vaiheen toiminnon tai tehtävän kesto. Läpimenoaikaan ei saa lyhyeksi toimimalla huonosti. Nopea läpimenoaika vaatii nopeaa tuotantoprosessia ja onnistunutta ja tehokasta ohjausta. Nopea läpimenoaika mahdollistaa yrityksen toiminnan lyhyillä toimitusajoilla. (Lapinleimu 2007)

Läpäisy aika voi olla koko tilaus-toimitusketjun läpäisy aika tai yhden osan läpäisy aika ketjussa. Tällöinen läpäisy aika voi olla esimerkiksi tuotteen valmistuksen läpäisy aika, joka sisältää osavalmistuksen, kokoonpanon, koekäytön ja lähetyksen. Tavallisimpia mitattavia läpäisy aikoja ovat tilauksen läpäisy aika, tuotannon läpäisy aika ja valmistuksen läpäisy aika. (Lapinleimu 2007)

Toinen tapa seurata tuotannon toimivuutta on tarkastella keskeneräisten tuotteiden varastojen määriä. Suuret määrät keskeneräisiä tuotteita sitovat paljon pääomaa pois muualta ja saattavat aiheuttaa tuotantoprosessin toimimattomuutta. KET- varastoja voi syntyä tuotannon pullonkaulakohtiin tai tarkoituksella puskuroimaan tulevia tilauksia. Jossain tapauksissa välivarastot ovat välttämättömiä, jotta pystytään pitämään tuotteiden toimitusaika tarpeeksi pienenä. (Lapinleimu 2007)

3 NYKYTILANNE

Ensimmäinen osa varsinaisen työn tekemistä oli selvittää yrityksen nykytilanne verrattuna CE- merkinnän vaatimusten toteuttamiseen. Nykytilanteeseen tutustuttiin seuraamalla päivittäistä tekemistä yrityksessä, sekä haastatteleamalla koko henkilökunta lävitse. Kysymyslomakepohjat oli laadittu erikseen työntekijäpuolelle ja toimihenkilöille. Haastattelut tehtiin enemmän keskustelemalla perustuen vuorovaikutukseen, kuin orjallisesti lomakepohjaa käyttämällä.

Työntekijöille suunnatut kysymykset käsittelivät enemmän päivittäistä tekemistä ja laadunvalvonnan tekemistä. Fetek Oy:ssä toiminta on monipuolista ja erilaisia työtehtäviä on lukuisia, joten samalla pyrittiin selvittämään työntekijöiden pätevyyskykyä CE-merkinnän kannalta. Esimerkiksi hitsauksen toteuttajalta vaaditaan luokkahitsaajan pätevyys vaatimustenmukaisuuden täyttämiseen.

Toimihenkilöitä haastatteleamalla pyrittiin saamaan kokonaiskuva yrityksen toiminnasta, tärkeimmistä osa-alueista, kehityssuunnista ja tulevaisuuden näkymistä. Laadunvalvonnan tekemisen tason selvittäminen ja laadun merkitys yrityksen yrityskulttuurissa pyrittiin selvittämään myös kyselyllä. Yksi tärkeä osa-alue oli myös suunnittelu-prosessin tarkistaminen, koska myös suunnittelun vaatimukset ovat muuttumassa eurokoodien mukaan tulon johdosta. Haastettuluissa käytiin läpi myös työntekijöiden ja toimihenkilöiden mielipiteitä tulevasta toiminnan muutoksista. Haastattelulomakkeet löytyvät liitteestä 2. Täytyy kumminkin huomioda, ettei niitä ole käytetty sellaisenaan vaan haastattelut hoidettiin enemmän vuorovaikutus pohjalta.

Nykyisen laatujärjestelmän tilanne kartoitettiin nykytilanteen arvioinnissa, jotta sitä pystyttäisiin käyttämään pohjana uudelle laadunvalvontajärjestelmälle, sekä pystyttäisiin päivittämään laatujärjestelmä. Yrityksen laatujärjestelmän kehittäminen on ollut kesken ja se on otettu vain osittain käyttöön. CE- merkintä ei vaadi varsinaista laatujärjestelmään vaan laadunvalvontajärjestelmän, joka on standardin SFS-EN 1090-1 mukainen. Tämän perusteella asetettiin tavoitteet, minkälainen uuden päivitetyn järjestelmän tulisi olla. Yritykseen ei haluta sen pienen koon vuoksi tehdä raskasta laatujärjestelmää, vaan laadunvalvontajärjestelmä katsottiin riittäväksi ja sen rinnalla käytettäisiin omaa kevyttä laatujärjestelmää, joka olisi kumminkin standardisarjan ISO 9000 mukainen. Yritykseen luodaan laatujärjestelmä, joka sopii sen toimintaan.

Tutustumista yrityksen toimintaan tehtiin myös työmailla. Fetek Oy hoitaa teräsrakenteiden tekemisen ohella teollisuuden kunnossapitoa. Kunnossapidon rooli yrityksen toiminnassa on hyvin keskeinen. Muut osastot valmistavat tuotteita myös kunnossa-

pidon käyttöön. Yhtenä osana toimintaa on myös betoniterästen hitsaus betonielementiteollisuudelle.

3.1 Prosessit

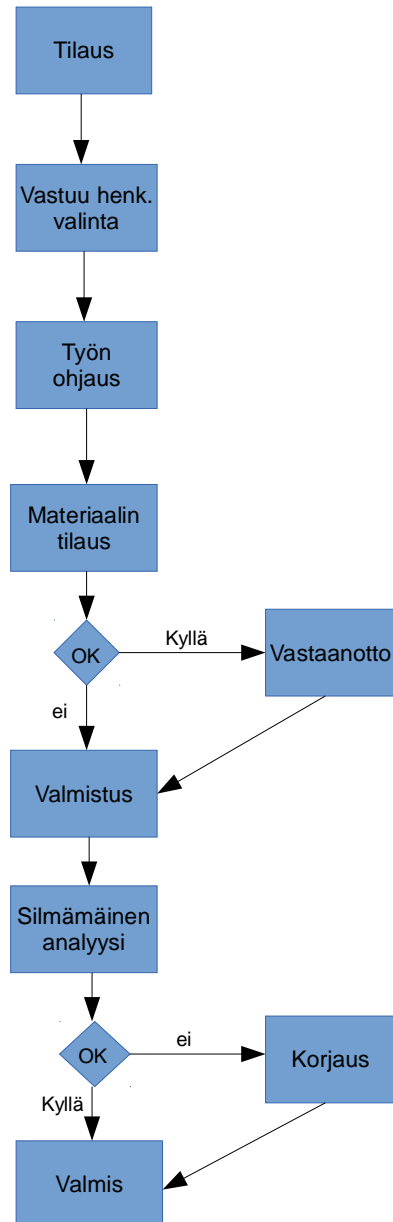
Yrityksessä haluttiin aloittaa prosessiajattelun tuomisesta toimintaan. Fetek Oy:ssä tekeminen on jaettu kustannuspaikoittain kolmeen eri osastoon; kunnossapito, teräsrakentaminen ja levyleikkaus. Prosessiajattelun keskiössä jokaisella osastollansa olisi oma prosessinsa. Lisäksi prosessin määrittämisessä katsottiin, että suunnittelu, hankinta ja myyminen olisivat omia prosessejaan, jotka toteutettaisiin kustannuspaikkojen sisällä samalla tavalla osastosta riippumatta, jotta toiminta olisi mahdollisimman yhdenmukaista. Prosessien nykytilanteen taso kartoitettiin haastattelujen ja muun yritykseen tutustumisen avulla. Työtä aloitettaessa ei pystytty selkeästi erottamaan, kuin kolme prosessia: tuotanto, myynti ja suunnittelu, koska prosessien toimintaa ei ollut suunniteltu tarkemmin. Yrityksen laatukäsikirjassa nämä prosessit oli yhdistetty yhdeksi suureksi prosessiksi, vaikka ne olivat selkeästi erotettavissa toisistaan toiminnassa.

CE- merkinnän kannalta tärkeimmät prosessit tulisivat olemaan teräsrakenne-, levyleikkaus- ja suunnitteluprosessit, koska ne vaikuttavat suoraan laadunvalvontajärjestelmän luomiseen ja tarvittavien asiakirjojen hallintaan. Osto- ja myyntiprosesseihin CE- merkintä vaikuttaa tarvittavien asiakirjojen mukana kulkemisen kannalta. Alihankintaa ei tulevaisuudessa voida tehdä, kuin sellaisten alihankkijoiden kanssa, joiden toiminta mahdollistaa CE- merkinnän yrityksen tuotteissa. Alihankkijoiden tuotteissa tulee olla CE- merkintä tai yrityksen laadunvalvonta merkinnän edellyttämällä tasolla, jotta tarvittavat laadunvalvonnan asiakirjat löytyvät tuotteen valmistamisen jälkeen. Myös yrityksen asiakkaiden tulee olla tietoisia CE- merkinnästä ja sen aiheuttamista vaatimuksista suunnittelulle. Fetek Oy:n toiminnan kannalta ongelmallisimman on teollisuuden kunnossapitoprosessi, joka ei kuulu CE- merkinnän alaisuuteen. Kunnossapidon osaston toiminta on hyvin hektistä ja muutoksia työmäärissä tapahtuu nopeasti, tämä sitoo myös työvoimaa muilta osastoilta. Yrityksessä työntekijät ovat jaettu osastojen kesken, mutta kunnossapidon kiireelliset työt aiheuttavat liikehdintää osastojen välillä, mikä aiheuttaa pätevien työntekijöiden liikkumista pois pajalta.

Tuotannosuunnittelua yrityksessä tehtiin lähinnä päivittäisen tekemisen kautta, eikä tuotantoa suunnitella pidemmällä aikavälillä kunnossapidon hektisyyden takia. Teräsrakennepuolella ja levyleikkauksessa pyrittiin ennakoimaan tulevia tapahtumia, mutta varsinaista tuotannosuunnittelua ei tehty. Tuotannon hektisyyttä ei työntekijöiden tai toimihenkilöiden puolelta nähty ongelmana haastattelujen perusteella. Sen vaikutusta toimintaan ja kannattavuuteen ei kuitenkaan sen tarkemmin ollut mietitty.

Tuotantoprosessi oli työ aloitettaessa hyvin yksinkertainen. Työn tultua tehtäväksi siihen tilattiin materiaalit, jos niitä ei löytynyt varastosta. Työ tehtiin ja ilmoitettiin työnjohdolle työn valmistumisesta, jonka jälkeen se lähetettiin asiakkaalle. Työlle ei virallisesti ollut tarkastussuunnitelmaa, vaan se läpäisi laadunvalvonnan, jos se vain näytti tarkoitukseen sopivalta. Ainoa työ, jolle systemaattista laadunvalvontaa on tehty,

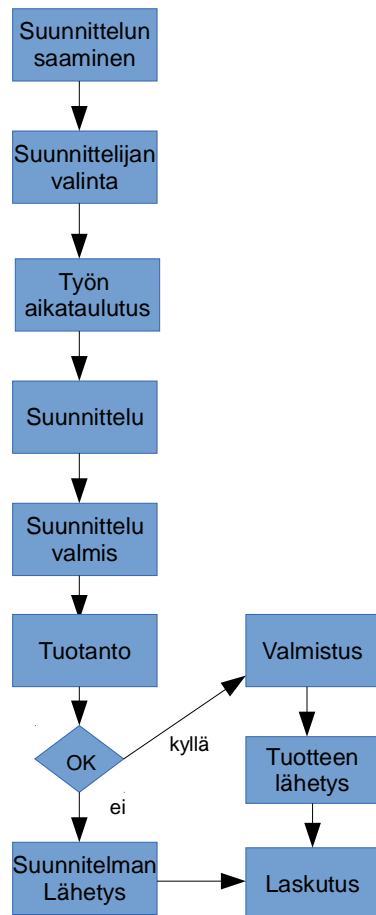
on betoniterästen hitsaus. Tämä tehtiin asiakkaan vaatimusten takia. Kuvassa 3.1. on kuvattu lähtökohtana ollut tuotantoprosessi.



Kuva 3.1 Tuotantoprosessi

Ensimmäisessä vaiheessa tilaus kuvataan tilauksen vastaanottamista tuotantoon, minkä jälkeen tilauksen vastaanottaja toimi vastuuhenkilönä ja ohjasi tilauksen tuotantoon. Prosessi kulki tästä eteenpäin, kuten aikaisemmin oli kuvailtu.

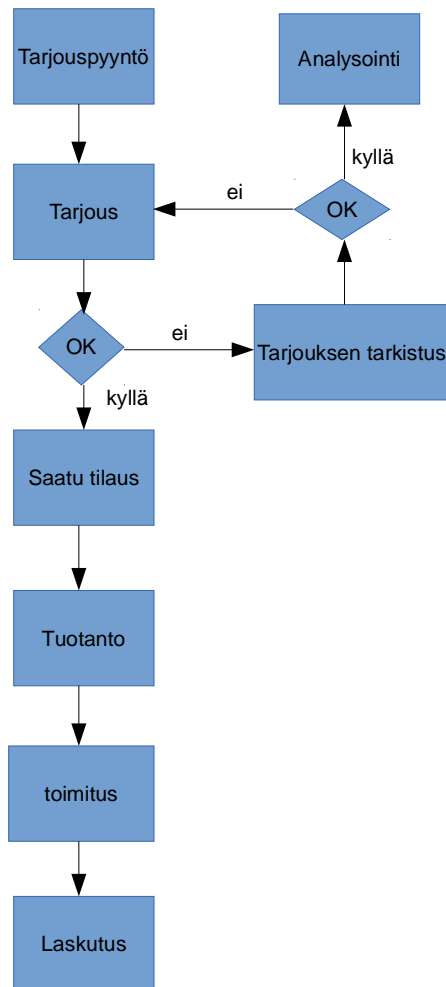
Toinen erotettavissa ollut prosessi oli suunnittelu. Suunnittelua yrityksessä tehtiin tukemaan tuotannon toimintoja. Suunnittelu käsitti rakenteiden piirtämistä ilman rakenteellisia laskelmia. Fetek Oy:n oma tuote Kiva-Kate on yrityksen itsensä suunnittelema. Sille ei ollut tehty laskelmia rakenteellisesta kestävyydestä. Kuvassa 3.2. kuvataan suunnitteluprosessin etenemistä Fetek Oy:ssä ennen muutoksien aloittamista.



Kuva 3.2 *Suunnitteluprosessi*

Suunnittelutyön sopimisen jälkeen prosessi eteni suunnittelijan valinnalla, joka aikataulutti suunnittelun. Suunnittelua Fetek Oy:ssä tekevät osastojen johtajat, sekä yksi osa-aikainen työntekijä. Suurin osa suunnittelutöistä siirtyy tuotantoon suunnittelun jälkeen, jonka jälkeen tuote valmistettiin tuotantoprosessin mukaisesti ja lähetettiin asiakkaalle. Jos suunnittelu työ ei mennyt tuotantoon, se lähetettiin suoraan asiakkaalle. Tuotteen tai suunnitelman lähetyksen jälkeen hoidettiin vielä asiakkaan laskutus, joka oikeastaan kuului tilaus-toimitusprosessiin.

Kolmas selkeästi erotettavissa ollut prosessi oli tilaus-toimitusprosessi. Tilausta ja toimitusta hoitavat Fetek Oy:ssä suunnittelun ohella ainoastaan osastojen johtajat. Lisäksi osastojen johtajat hoitavat yrityksen markkinointia yhdessä. Tilausprosessi alkaa yleensä asiakkaalta tulevasta tarjouspyynnöstä. Tarkemmin prosessi on kuvattu kuvassa 3.3.



Kuva 3.3 Tilaus- ja toimitusprosessikaavio

Tarjouspyyntöön oli tarkoitus aina vastata. Se on mahdollista tehdä, joko jättämällä tarjous, tai ilmoittamalla ettei kyseistä tavaraa ole nyt mahdollista valmistaa. Jätetty tarjous voi päättyä hyväksyntään tai hylkäykseen. Hyväksytty tarjous johtaa saatuun tilaukseen, joka johtaa automaattisesti tilauksen tuotantoon. Jos tarjous hylätään, tulee se tarkistaa ja jos on mahdollista parantaa tarjousta, niin tehdään uusi tarjous asiakkaalle. Tuotettu tuote tai tuote-erä toimitetaan asiakkaalle tuotantoprosessin jälkeen ja lopuksi laskutetaan asiakas.

3.2 Työlaitteet

Fetek Oy on pieni metallipaja, jonka toiminta perustuu kolmeen eri osastoon. Eniten käytettäviä työkaluita tarvitaan teräsrakenteiden osastolla. Levyleikkausosastolla käytössä on vain yksi levyleikkauskone. Kunnossapidon osastolla ei varsinaisesti työkalupakkien lisäksi ole omia työkaluita, vaan kunnossapitotehtäviin lähdetessä lainataan välineet muilta osastoilta.

Levyleikkaus toteutetaan yhdistetyllä vesisuihku- ja plasmaleikkauskoneella Aliko VSLP 6100x2100. Vesisuihkuleikkaus voidaan toteuttaa ja tavallisena vesisuihkuleikkauksena tai abrasiivisena vesisuihkuleikkauksena. Abrasiivina käytetään hiek-

kaa. Leikkausta hoitaa yksi työntekijä ja toinen tekee leikkausohjelmat, joita käytetään leikkaukseen. Leikkausta tehdään suorana tilaustyönä, sekä tukemaan kunnossapidon ja teräsrakenne osastojen toimintaa.

Hitsaukseen yrityksestä käytetään hitsausprosesseja 111 puikkohitsaus, 121 jauhekaariyksilankahitsaus, 125 jauhekaaritäytelankahitsaus, 131 MIG (Metal-arc Inert Gas)- hitsaus, 135 MAG (Metal-arc Active Gas)- hitsaus ja 141 TIG (Tungsten Inert Gas)- hitsaus. Eniten käytetyt prosessit ovat MIG- hitsaus ja MAG- hitsaus. MIG- hitsauksessa käytetään inerttistä eli reagoimatonta suojakaasua muunmuassa argonia (Ar) tai argonin ja heliumin (He) kaasuseoksia. MAG- hitsauksessa käytetään aktiivista suojakaasua, esimerkiksi hiilidioksidin (CO₂) ja argonin (Ar) kaasuseos tai argonin ja hapen (O₂) kaasuseosta. MAG- hitsausta käytetään terästen hitsaukseen ja MIG- hitsausta ei- rautametallien hitsaukseen. (Lepola & Makkonen 2008)

Teräsrakennepuolella muita tärkeitä työvälineitä ovat levyleikkuri, monitoimileikkuri, sahaus, säteisporakone ja pyöristyskone. Monitoimileikkurilla on myös mahdollista tehdä lävistystä. Hiomakoneet kuuluvat myös tärkeisiin työvälineisiin.

3.3 Laadunvalvonta

Fetek Oy:ssä oli laadittu laatukäsikirja jo ennen tämän työn aloittamista, mutta sen mukaan toimiminen on ollut vajavaista. Laatunäkökohdat on otettu yrityksessä esille, mutta osittain niiden noudattaminen on ollut heikkoa. Laatukäsikirja oli edellisen kerran päivitetty vuonna 2008. Tämä on aivan liian pitkä aika laadukkaan toiminnan jatkuvuuden kannalta. Vanhassa laatukäsikirjassa on käsitelty yrityksen toimintaa laaja-alaisesti standardin ISO 9001 mukaisesti, joten sitä on hyvä käyttää pohjana uuden laadunvalvontajärjestelmän luomiselle.

Laatukäsikirjassa on otettu kantaa yritykseen toimintaan, voimavaroihin, toimintoihin, työturvallisuuteen ja laadunvalvontaan. Ongelmana on, että asioita on joskus ajateltu, mutta suurintaosaa laatuperiaatteista ei ollut viety yrityksessä läpi. Työntekijöiden haastatteluissa kävi selvästi ilmi, ettei työntekijätasolla tiedetty välttämättä edes järjestelmän olemassaolosta. CE- merkinnän tärkeimpään asiaan eli laadun jokapäiväiseen tarkistamiseen ja valvontaan ei yrityksessä ollut systemaattista tapaa toimia ja se oli vajavaista.

Systemaattista tuotteen laadunvalvontaa tehtiin ainoastaan hitsattaville betoniteräksille. Näiden laadunvalvontaa tehtiin, koska asiakasyritys oli hakenut CE- merkintämahdollisuuden tuotteilleen ja se edellytti myös terästen hitsauksen laadunvalvontaa. Tämä edellytti hitsaajalta pätevyydistuksen kyseisille aineille ja menetelmille, hitsauskoordinaattorin toimintaa, hyväksytyt hitsausohjeet sekä jatkuvaa hitsauksen laaduntarkkailua. Muissa tuotteissa ei yrityksessä toimittu samalla kaavalla, vaan tuote katsottiin olevan hyvä jos se ulkoisesti näytti hyvältä. Toleransseja mitattiin, jotta kokoonpanot saatiin tehtyä. Tarkistusmittauksia tuotteille tehtiin satunnaisesti, mutta niistä ei koskaan jäänyt kirjallista dokumenttia. Tuotteen korjaamista ei dokumentoitu, eikä siitä välttämättä tiedotettu työnjohtoa.

Hitsausohjeissa puutteita oli niiden hyväksymispöytäkirjoissa, joita ei ollut. Hitsausohjeet oli laadittu standardien edellyttämällä tavalla, mutta niiden hyväksyttäminen oli puutteellista. Hitsauskoordinaatio oli pätevän hitsauskoordinaattorin vastuulla. Betoniterästen hitsauksessa ei edellytetä rikkomatonta aineenkoetus eli NDT- tarkastuksia hitsausliitoksille, joten niitä ei yrityksessä aikaisemmin ole teetetty. Kantavien teräsrakenteiden CE- merkintä vaatii tarkastusten tekemistä, joten yrityksessä on puute pätevästä henkilöstä tarkastusten tekemiselle. Toinen mahdollisuus on ostaa palvelu yrityksen ulkopuolelta.

Hitsaajien pätevyyydet olivat suurimmaksi osaksi kunnossa. Eri hitsaajilta oli erilaisia pätevyyskatsastuksia, mutta kaikkien töiden tekemiseen on pätevä hitsaaja standardin SFS-EN 287-1 mukaisesti. Kaikilla hitsausta tekeviltä työntekijöillä ei kumminkaan pätevyyskatsastuksia ollut, joten heille tulee hankkia sellaiset tai he eivät voi hitsata standardin SFS-EN 1090-1 mukaisissa teräsrakenteissa. Pätevyyskatsastuksia puuttuikin kunnossapidon osaston työntekijöiltä, jotka ainoastaan tuuraavat teräsrakenteiden osastolla. Hitsaajan pätevyyskatsastuksia on helppo hankkia tarpeen mukaan tulevaisuudessa tarpeen niin vaatiessa.

Yksi suuri ongelma laadunvarmistuksessa oli myös tuotantopäiväkirjan ja laadunvalvontapöytäkirjojen puuttuminen. Tuotannon toiminnasta ei jäänyt minkäänlaista dokumenttia aikatauluista, tuotantomääristä, hylätyistä tuotteista tai tuotannon keskeytyksistä. Laadunvalvonnasta ei jäänyt dokumenttia, vaan sitä tehtiin ainoastaan oman tunnon mukaan. Kantavien teräsrakenteiden CE- merkintä vaatii myös työkokeita työkaluilla osoittamaan niiden mahdollisuus tuottaa tarvittavaa laatua rakenteissa. Kyseisiä työkokeita ei myöskään yrityksessä ole aikaisemmin toteutettu.

Muita puutteita toiminnasta oli työ- ja toimintaohjeista, työkaluettelosta, toiminnan sekavuudesta ja johdon roolista työnjohtamisessa. Työ- ja toimintaohjeita ei ollut kaikille prosesseille ja työkaluilla. Ohjeet olivat päivittämättä, kuten myös työkaluettelo. Toiminta oli sekavaa, koska ei ollut toiminnoille selkeitä ohjeita, joiden mukaan toimia. Työntekijät ja toimihenkilöt tekivät asioita oman tottumuksen mukaisesti. Johdolla oli selkeitä ongelmia kommunikoinnin kanssa. Informaation kulussa yrityksessä oli katkoksia. Ongelmia oli työnjohdon keskinäisessä kommunikaatiossa, sekä työntekijöiden ajantasalla pitämisessä.

Haastatteluiden ja muun tutustumisen perusteella löytyi myös paljon positiivista laadunvalvonnasta. Työntekijöiden pätevyyskatsastukset olivat ajan tasalla, eikä niistä löytynyt välttämättömiä puutteita. Tilaustiedot ja materiaalitodistukset vaadittiin ja ne olivat tallennettuina. Vaarallisten aineiden käyttöä ja varastointia valvottiin vaatimusten mukaisesti ja niiden kanssa toimimiselle oli selkeät ohjeet. Alustavat hitsausohjeet tärkeimmille hitsausprosesseille on olemassa.

Johdon toimiminen suurimmaksi osaksi oli selkeää. Ainoa ongelma oli informaatiovirran kulkemisessa. Työnjohdon roolit olivat selkeät ja jokaisella oli oma vastuualueensa. Lisäksi yrityksen toimihenkilöiden tavoitettavuus oli erittäin hyvä. Työilmapiiri yrityksessä nähtiin hyvänä.

Haastatteluissa kävi myös selville, että työntekijöiden joukossa laadunvalvonta nähtiin vajavaisena. Muutosvastarintaa ei ensimmäisten haastatteluiden perusteella hir-

veästi ainakaan olisi tiedossa. Työntekijät näkevät muutoksen hyvänä ja sen pakollisuus ymmärrettiin.

3.4 Nykytilan arviointi

Yritykseen tutustumisen jälkeen tehtiin analyysin tarvittavista muutoksista toiminnassa, jotta CE- merkintään oikeuttava sertifikaatti olisi mahdollista hakea kolmannelta osapuolelta. Diplomityöntekijä esitteli muutostarpeet yrityksen johdolle ja yhdessä tehtiin päätös siitä, kuinka laajalti muutoksia tehdään. Muutosten tuli lähteä jo työohjeiden laadinnasta ja koko järjestelmän toteuttamisesta standardin SFS-EN 1090-1 mukaisesti.

Tarvittavia muutoksia yrityksessä oli seuraavista aihealueista:

- toteutusluokkien määrittäminen,
- esikäsitteilyasteen määrittäminen ja tekeminen,
- geometristen toleranssien tarkastaminen standardin SFS EN 1090-2 mukaan,
- toteuttajan laatuasiakirjat,
 - o organisaatiokaavio ja toteutuksesta vastaavat henkilöt,
 - o noudatettavat menettelytavat, menetelmät ja työohjeet,
 - o työtä koskeva tarkastussuunnitelma,
 - o menettelytavat muutosten käsittelyyn,
 - o menettelytavat poikkeavuuksien käsittelyyn,
 - o ennalta määritetyt tarkistuspisteet ja vaatimukset tarkastusten ja testausten tekemisen varmentamiseen, ja niihin liittyvät luoksepäästävyyttä koskevat vaatimukset,
- laatusuunnitelma,
 - o yleinen laadunhallinta dokumentaatio,
 - o ennen toteutusta tarvittavat laatuasiakirjat,
 - o toteutuksen tallenteet (tarkastukset ja tarkistukset ennalta määritetyistä kontrollipisteissä),
- asennustöiden turvallisuusvaatimukset (työohjeet),
- toteutuksen asiakirjat,
- tuotteiden tunnistaminen ainestodistuksiin,
 - o terästuotteille standardin EN 10204 mukainen ainestodistus,
 - o tuotteiden jäljitettävyyys,
- rakenneterästuotteiden tarkistaminen tarkoituksiin sopiviksi,
- teräsvalujen tarkistus standardin EN 10304 mukaisiksi,
- hitsausaineiden soveltuvuuden tarkistaminen,
- mekaanisten kiinnittimien tarkistaminen,
 - o valinta standardin mukaan,
 - o tarkistus standardin mukaisuudesta,
- erityistuotteiden tarkistaminen standardien mukaan,
- esivalmistus ja kokoaminen,
 - o tuotteiden tunnistettavuus,

- tuotteiden ja materiaalien käsittelyn ja varastointi,
 - leikkaus,
 - muotoilu,
 - rei'itys,
 - kokoaminen,
- mekaaninen kiinnittäminen,
 - ruuvikokoonpanojen käyttö,
 - niittien käyttö,
- työmaa-asennuksien ohjeistaminen,
- pintakäsittely.

Nykytilanteen arviointiin osallistuivat myös työnohjaaja ja Fetek Oy:n toimitusjohtaja.

4 KEHITTÄMINEN

Muutostarpeiden pohjalta ryhdyttiin rakentamaan laadunvalvontajärjestelmää, joka sopisi Fetek Oy:n toimintaperiaatteisiin ja olisi yrityksen toiminnan kannalta mahdollisimman kevyt, mutta toteuttaisi kaikki standardin SFS-EN 1090-1 vaatimukset. Muutoksia tarvittaisiin erityisesti laadunvalvonnan dokumentointiin ja vakioimiseen.

Luvussa 4 kehittäminen näiden muutosten toteuttaminen, toiminnan vakiointi, muutostyön perehdyttäminen sekä CE- merkinnän hakeminen. Kaikki osiot olivat olennaisia työn onnistumisen, toiminnan kehittämisen sekä työn tavoitteen kannalta.

4.1 Muutosten toteuttaminen

Muutoksia toteutettiin selkeyttämällä Fetek Oy:n prosessit, jonka jälkeen laadittiin yleiset työ- ja toimintaohjeistukset prosesseille, sekä työlaiteille. Tämän jälkeen luotiin tarvittavat laadunhallintadokumentit, sekä päivitettiin laatukäsikirjaan tarvittavat asiat. Dokumenteille luotiin oma laadunhallintakansio, johon tallennetaan CE- merkinnän kannalta olennaiset asiakirjat. Viimeiseksi toteutettiin menetelmäkokeita osoittamaan työmenetelmien toimivuus, sekä varmistettiin työntekijöiden pätevyudet.

Muutokset toteutettiin diplomityöntekijän, työnohjaajan ja yrityksen toimitusjohtajan ideoiden ja ajatusten pohjalta. Diplomityöntekijä sai aika vapaat kädet ideoida muutokset, jonka jälkeen työnohjaaja ja yrityksen toimitusjohtaja lisäilivät muutoksiin omat ideansa. Näiden muutosperiaatteiden pohjalta luotiin laadunvalvontajärjestelmä.

4.1.1 Prosessikuvaukset

Ensimmäinen kehityksen kohde oli rakentaa yritykselle selkeät prosessit ja kuvata niiden toiminta vuokaavioiden avulla. Prosesseja ei erityisesti muutettu, mutta niihin lisättiin pakollista laadunvalvontaa ja niiden rajapinnat selkeytettiin. Prosesseja kehitettäessä kiinnitettiin huomiota erityisesti CE- merkinnän vaatimuksiin ja prosessien selkeään läpiviemiseen.

Prosessit jaettiin viiteen eri perusprosessiin. Jokaiselle osastolle tuli oma prosessi, sekä suunnittelulle että myynnille omansa. Ostolle ajateltiin omaa prosessiaan, mutta ostotoiminta oli niin sidoksissa osastojen toimintaan ja yksittäisiin töihin, että siitä päätettiin luopua. Tarkat prosessikuvaukset löytyvät liitteestä 3. Kaikki prosessit luotiin käyttämällä hyväksi PDCA (Plan, Do, Check, Act)-sykliä. Tämä periaate pyrittiin sisällyttämään prosessien eri vaiheisiin. Esimerkiksi vesisuihkuleikkausprosessissa suunnitellaan ensin leikkaus, minkä jälkeen tehdään testileikkaus. Se tarkistetaan ja leikkausohjelmaa muutetaan, jos leikkausjälki ja kappaleen muoto ei ole halutulla tasolla.

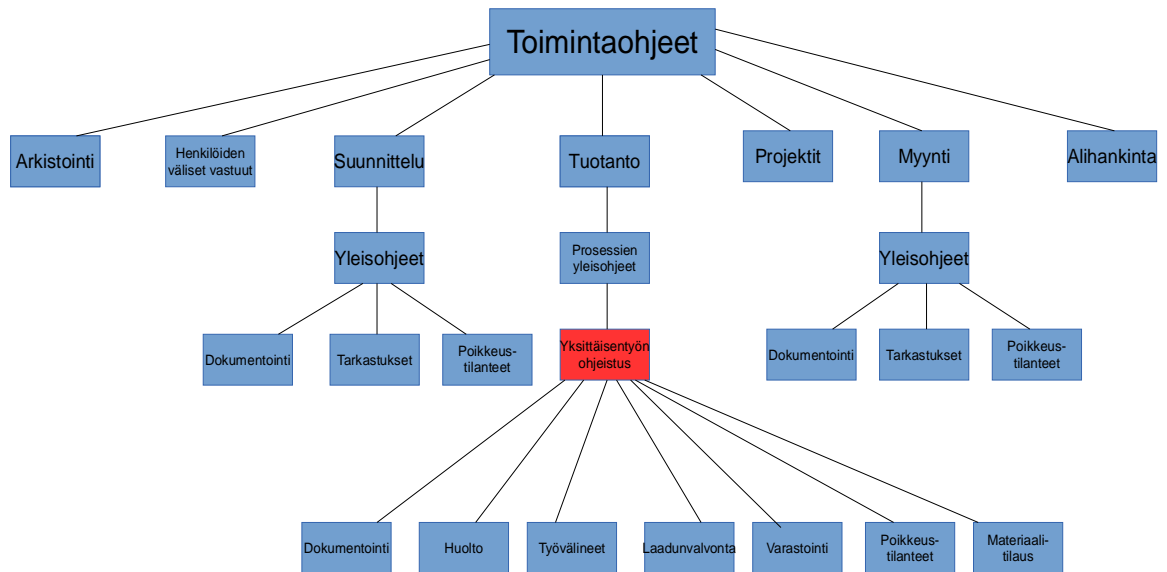
Tuotantoprosessien (levyleikkaus, teräsrakenne ja kunnossapito) toiminta on hyvin pitkälle saman kaavan mukaista, pienin yksilöllisin eroavaisuuksin. Tarkoitus on ensin suunnitella mitä tehdään, kuka tekee ja mistä tehdään. Tällöin tehdään tuotanto-suunnitelma ja suunnitellaan työntoteutuksen erityisvaatimukset, esimerkiksi hitsauksen koordinointi ja mahdolliset rikkomattoman aineenkoetuksen tarkastukset. Materiaalitalauksien jälkeen työ tehdään ja tarkistetaan tuotantosuunnitelman mukaisesti dokumentoiduin toimenpitein. Muutostarpeiden ilmaantuessa ne korjataan suunnitelluin toimenpitein ja tehdään poikkeustilanneraportti. Valmistyö kuitataan valmiiksi ja palautetaan prosessiin, josta se on tullut tuotantoon.

Suunnitteluprosessi saadaan työksi aina myyntiprosessista. Suunnitteluprosessin ensimmäinen tehtävä on aina suunnitella projektin kulku. Suunnittelu tehdään, tarkastetaan ja mahdollisten virheiden ilmetessä korjataan dokumentoitujen tapojen mukaisesti. Suunnittelutyö voidaan valmistuessa lähettää tuotantoprosesseihin tai palauttaa myyntiprosessiin asiakkaalle toimittamista varten. Myyntiprosessi lähtee tarjouksen tekemisestä asiakkaalle. Tarjous voi johtaa hylkäämiseen tai hyväksyntään. Hylkääminen johtaa tarjouksen tarkistamiseen ja mahdolliseen uuteen tarjoukseen. Hyväksytty tarjous ohjataan tuotantoon tai suunnitteluun tarpeen mukaan, sieltä se palautuu takaisin myyntiin, joka hoitaa lähetyksen asiakkaalle.

Töiden kulkeminen eri prosessien välillä aiheuttaa niiden liikkumista myös kustannuspaikkojen välillä. Fetek Oy:n toiminta on jaettu kolmelle eri kustannuspaikalle osastoittain. Työn kulkeminen kustannuspaikalta toiselle aiheuttaa sisäistä laskutusta, mutta myynti- ja suunnitteluprosessit katsotaan toimivan ilman kustannuksia. Jos tehdään pelkkää suunnittelutyötä, tehdään se jonkun osaston kustannuspaikan alaisuudessa.

4.1.2 Työ- ja toimintaohjeistukset

Työ- ja toimintaohjeistukset luotiin opastamaan työntekijöitä ja toimihenkilöitä toimimaan laadunvalvontajärjestelmän, prosessien ja oikeiden työmenetelmien mukaisesti. Prosessien toteuttamiseen laadittiin omat ohjeistukset, työvälineiden käytölle omansa sekä yleistuominnalle yrityksessä omansa. Lisäksi suunniteltiin työohjepohja, jolle jokainen erillinen toteutettava työ voidaan luoda. Pohjassa otetaan huomioon tarvittavat tarkastukset, asiakirjat ja tuotannonsuunnittelu. Kuvassa 4.1 kuvataan toiminta ohjeistuksien rakennetta.



Kuva 4.1 Toimintaohjeet

Tuotantoprosessien ohjeistukset on tehty kahdesta eri näkökulmasta sekä työntekijän että toimihenkilön näkökulmasta. Näiden perusteella osoitetaan myös vastuut toimihenkilöiden ja työntekijöiden välillä eri tuotantoprosesseissa. Myynti- ja suunnitteluprosesseille ei ole toimintaohjetta työntekijän näkökulmasta, koska toimihenkilöt ainoastaan hoitavat näitä prosesseja.

Työlaitteista kaikille tärkeimmille on tehty oma ohjeistuksensa, jonka mukaan toimitaan. Ohjeissa otetaan kantaa laitteiden turvalliseen käyttöön, työn aloitustarkastuksiin ja käyttöön vahingoittamatta koneita. Lisäksi ohjeet auttavat saavuttamaan parhaan mahdollisen työn jäljen.

Yleiset toimintaohjeet on tehty yleistä toimimista varten yrityksessä ja ne koskevat pääosin toimihenkilöitä, mutta osa myös työntekijöitä. Yleisiä toimintaohjeita on seuraavista osa-alueista:

- alihankkijat,
- henkilöiden väliset vastuut,
- projektit,
- arkistointi,
- dokumentointi,
- huolto,
- laadunvalvonta,
- materiaalitilaus,
- poikkeus-tilanteet,
- varasto.

Osa ohjeista velvoittaa toimihenkilöitä huolehtimaan asioista, jotka myös työntekijä voi hoitaa. Tällöin lopullinen vastuu asian hoitamisesta on aina toimihenkilöllä, vaikka varsinaisen toimenpiteen tekisi työntekijä. Toimihenkilö voi myös valtuuttaa työntekijän hoitamaan jonkun tehtävän laatujärjestelmän mukaisesti.

4.1.3 Laadunvalvontajärjestelmä

Fetek Oy:lle laadittiin laadunvalvontajärjestelmä, joka toimii osana Fetek Oy:n laatu- ja toimintajärjestelmää. Myös se päivitettiin vastaamaan nykyistä toimintaa sekä laatu- ja toimintaperiaatteita yrityksessä. Laatu- ja toimintajärjestelmä on kuvattu laatu- ja toimintakäsikirjassa ja laadunvalvontajärjestelmälle luotiin sen yhteyteen laadunvalvontakansio.

Laadunvalvontakansio luotiin asiakirjoille, joita CE-merkintähyväksyntä vaatii yritykseltä hallittavan. Kansion sisällysluettelo on seuraava:

1. Laatuorganisaatio
 - 1.1 Organisaatio
 - 1.2 Henkilöiden väliset vastuut
 - 1.3 Alihankkijat
 - 1.4 Poikkeustilanteet
2. Työ- ja toimintaohjeet
3. Pätevyystodistukset
 - 3.1 Hitsaajien pätevyydet
 - 3.2 Hitsauskoordinaattori
 - 3.3 NDT- tarkastajat
 - 3.4 Muut
4. Hitsausohjeet ja hyväksymispöytäkirjat
5. Aineistodistukset
6. Suunnittelu
 - 6.1 Suunnittelu
 - 6.2 Tuotannon suunnittelu
 - 6.3 Toteutuseritelmät
7. Laaduntarkastaminen
 - 7.1 Työkoe pöytäkirjat
 - 7.2 Toleranssien tarkastus pöytäkirjat
 - 7.3 Hitsien tarkastus pöytäkirjat
 - 7.4 Materiaalien tulotarkastukset
8. Määräaikaistarkastukset
 - 8.1 Mittalaitteiden kalibrointi
 - 8.2 Työvälineiden määräaikaistarkastukset ja huollot
9. Poikkeamat
 - 9.1 Laatupoikkeamat
 - 9.2 Rikkoutuneet työvälineet

Kansion merkitys on säilyttää kaikki tarvittavat asiakirjat osoittamaan laadunvalvonnan tarvittava taso. Lisäksi kansiossa otetaan kantaa laadunvalvontaorganisaatioon ja vastuihin laadunvalvonnan saralla. Aiemmin luvussa 4.1.2 työ- ja toimintaohjeet käsitellyt ohjeet säilytetään laatu- ja toimintakansiossa, jotta ne ovat kaikkien työntekijöiden saatavilla. Työ- ja toimintajärjestelmän tekemisen kannalta olennaiset pätevyystodistukset, hitsausohjeet, aineistodistukset,

toteutuseritelmät ja laaduntarkastus pöytäkirjat säilytetään laadunvalvontakansiossa. Lisäksi jatkuvan laadunvalvonnan kannalta olennaiset osat määräaikaistarkastukset ja poikkeamaraportit, sisältyvät kansion osioihin.

4.1.3.1 Laatuksikirjan päivitys

Osa työn tekemistä oli päivittää yrityksen laatuksikirja vastaamaan nykyistä toimintaa, Fetek Oy:n laatuperiaatteita sekä CE- merkinnän vaatimuksia. Yrityksen aikaisempi laatuksikirja oli kirjoitettu vuonna 2008. Se oli ollut päivittämättä siitä asti. Uuden laatuksikirjan kirjoittamisen jälkeen laatujärjestelmään tehtiin vaatimus, että laatuksikirja ja laatujärjestelmä päivitetään kerran vuodessa. Laatuksikirjan sisällysluettelosta muodostui seuraavanlainen:

1. Johdanto
2. Yritys
 - a. Toiminta ja Visio
 - b. Organisaatio
 - c. Toiminnan suunnittelu
 - d. Strategia
3. Resurssit
 - 3.1 Henkilöstö
 - 3.2 Talous
 - 3.3 Infrastrukturi
 - 3.4 Tukitoiminnot
 - 3.5 Resurssien hallinta
4. Johdon vastuu
 - 4.1 Johdon sitoutuminen
 - 4.2 Laatu politiikka
 - 4.3 Laadunhallinta organisaatio
 - 4.4 Sisäinen viestintä
 - 4.5 Johdon katselmus
5. Toiminnot
 - 5.1 Prosessit
 - 5.2 Teräsrakenne
 - 5.3 Vesi- ja plasmaleikkaus
 - 5.4 Kunnossapito
6. Työturvallisuus
7. Laadunvalvonta
 - 7.1 CE- merkintä ja laadunvalvontakansio
 - 7.2 Yritys ja henkilökunta
 - 7.3 Sisäinen auditointi
 - 7.4 Asiakaspalaute
 - 7.5 Talous

Laatukäsikirjassa käsitellään kaikki yrityksen toiminnan kannalta olennaiset asiat. Se antaa kokonaiskuvan Fetek Oy:n toiminnasta ja prosesseista. Toimintakulttuurin yhtenäistäminen ja vakiointi oli yksi työn tavoitteita myös ja laatukäsikirjan päivittäminen auttoi tämän tavoitteen lunastamisessa.

4.1.3.2 Laadun valvonta

Tärkein osa työtä oli luoda laadunvalvontajärjestelmä, jonka päivittäinen ilmentymä on jatkuva laadunvalvonta. Kuten aikaisemmissa luvuissa on käynyt ilmi, niin Fetek Oy:n laadunvalvonta ei ollut systemaattista ennen uuden järjestelmän luomista CE- merkintä hyväksyntää varten. Laadunvalvontakansio ilmentää laadunvalvonnan kokonaiskuvaa päivittäisessä tekemisessä.

Tärkeintä oli luoda yritykseen laatuorganisaatio, jonka vastuulla laadunvalvonta on. Yritykselle nimettiin uusi laatuvaastaava ja laadunhallintaryhmä. Toteutuksen asiakirjojen hallitsemista aloitettiin tekemään laadunvalvontakansion avulla. Kansioon tallennettiin kaikki valmiina olevat asiakirjat ja sinne on tarkoitus tallentaa myös kaikki tulevat olennaiset kokeiden ja pätevyysien muutokset. Tätä tietokantaa pidetään ajan tasalla päivittäisessä toiminnassa.

Laadunvalvontaan laadittiin pöytäkirja, joka on yleispätevä ja jota voi käyttää työtehtävästä riippumatta. Toinen pöytäkirja luotiin poikkeamaraportteja varten. Poikkeamaraportti tulee tehdä aina, kun jotain tavallisuudesta poikkeavaa tapahtuu. Poikkeavuus voi olla, esimerkiksi mittaepätarkkuus, jonka voi korjata tai leikkausjäljen pinnanlaadun hetkellinen heikkeneminen. Poikkeama tulee aina raportoida ja työnjohto tekee päätöksen, miten poikkeaman kanssa toimitaan.

Näiden laadunvalvontapöytäkirjojen lisäksi, luotiin pöytäkirjat vastaanotettavien materiaalien tarkastamiseen ja huollettavien laitteiden ylös merkkeämiseen. Työlaitteille luotiin myös erilliset konekortit, joiden perusteella voidaan pitää huolta koneiden määräaikaishuolloista laatuja järjestelmän mukaisesti.

Työn laadunvalvonnasta vastaa aina työn vastuuhenkilö. Tarvittavat laadunvalvonnan toimenpiteet hoitaa hänen valtuuttama henkilö tai hän itse. Hitsauksen koordinoimisen hoitaa hitsauskoordinaattori. Hitsien tarvittavat NDT- tarkastukset tekee siihen pätevytetetty henkilö. Alkuvaiheessa palvelu joudutaan ostamaan ulkoa. Hitsien silmämääräisen tarkastuksen voi tehdä työntekijä. Hitsauksen silmämääräiseen tarkastamiseen kuuluivat seuraavat asiat standardin SFS-EN 970 mukaisesti:

- halkeama,
- kraaterihalkeama,
- pintahuokonen,
- avoin imuontelo,
- liitosvirhe tai mikrolitosvirhe,
- vajaa hitsautumissyvyys juuressa,
- reunahaava,
- korkea kupu tai korkea juurikupu,
- jyrkkä liittyminen,

- valuma,
- vajonnut hitsi tai vajaa kupu,
- läpivalunut hitsi,
- kateetipoikkeama,
- vajaa juuri,
- huokoisuus juuressa,
- uudelleenaloitusvirhe,
- a-mitta,
- sytytysjälki ja roiskeet,
- halkeama,
- huokonen (ryhmä ja jono),
- kutistumisontelo,
- imuontelo,
- sulkeumat,
- liitosvirheet,
- vajaa hitsautumissyvyys,
- tasomainen sovitusvirhe,
- useat virheet,
- projisoitu ala tai poikki-pinta-ala pituussuunnassa.

Vastuuhenkilö huolehtii myös, että kaikki asiakirjat ovat kunnossa työn tekemistä ajatellen.

4.1.4 Menetelmäkokeet ja pätevydet

Hitsaajien pätevydet olivat tarvittavalla tasolla jo projektin alkaessa. Hitsaajille ei siis tarvinnut heti hankkia uusia pätevyksiä. Hitsauspätevyksiä on mahdollisuus hankkia lisää, jos toteutettava projekti sitä vaatisi. Työntekijöiden muutkin tarvittavat pätevydet olivat ajan tasalla, joten työntekijä puolelta ei tarvinnut järjestää ulkopuolisia koulutuksia.

Laadunvalvonta ylemmissä toteutusluokissa vaatii pätevää hitsauskoordinaattoria ja NDT- tarkastajia. Pätevä hitsauskoordinaattori yrityksessä on jo. NDT- tarkastajia ei ole, mutta palvelu voidaan ostaa aluksi yrityksen ulkopuolelta. NDT- tarkastajan kouluttaminen yrityksen tarpeisiin jäi harkintaan. Hitsauskoordinaattorille haetaan uusi pätevyys, kun vanha umpeutuu.

Hitsausohjeiden hyväksyntä toteutettiin menetelmillä standardihitsausohje ja hyväksyntä testattua hitsausainetta käyttäen. Kaikki mahdolliset hitsausohjeet, jotka oli mahdollista hyväksyttää testattua hitsausainetta käyttäen, hyväksyttiin tällä menetelmällä. Standardissa SFS-EN ISO 15610 Hitsausohjeiden hyväksyntä testattu lisäaine on annettu ehdot, jolloin voidaan käyttää tätä menetelmää. Standardihitsausohjeen hyväksyntä vaatii menetelmäkokeita. Hitsauslaitevalmistajat ovat alkaneet toteuttaa näitä kokeita ja myymään standardihitsausohjepaketteja. Projektin aikana päätettiin olla teettämättä itse näitä kokeita ja ostaa standardihitsausohjeet hitsauslaitevalmistajilta.

4.2 Vakiointi ja standardointi

Fetek Oy:n toimintatavat vakioitiin toimimaan laatu järjestelmän ja CE- merkinnän edellyttämän laadunvalvonnan mukaiseksi. Suurin vastuu järjestelmän noudattamisesta on työnjohdolla, joka vastaa töiden toteutuksesta.

Jatkossa kaikki työt tehdään ohjeiden mukaisesti ja tarkistetaan tarkistussuunnitelman mukaisesti. Työn vastuuhenkilö aikatauluttaa työn ja tekee tuotantosuunnitelman. Toiminnan vakioinnin tarkoitus on päästä eroon erilaisista toiminta tavoista yrityksen sisällä, jotta kaikkien olisi helpompi toimia. Työntekijöiden ongelmana oli usein tietämättömyys toiminnasta ja sisäisen viestinnän heikkous. Nämä ovat asioita joista toiminnan vakioinnilla pyritään poistamaan.

Yrityksessä sovittiin myös viikko- ja kuukausipalaverien pitämisestä, jotta toiminta selkeytyisi ja suunnitelmallisuus paranisi. Palaverien pitäminen parantaa myös sisäisen viestinnän toimimista.

4.3 Perehdyttäminen

Perehdyttäminen uusien toimintatapojen tuomiseksi yritykseen tehtiin pitämällä koulutustilaisuuksia ensin toimihenkilöille ja tämän jälkeen työntekijöille. Koulutuksissa pyrittiin perehtymään järjestelmän toimintaan, sekä ilmaista vastuut henkilöiden välillä. Koulutusten vetämisestä vastasi diplomityöntekijä.

Ensimmäinen palaveri laadunvalvontajärjestelmän valmistuttua oli diplomityöntekijän, laatu vastaavan ja toimitusjohtajan kesken. Laadunvalvontajärjestelmään tutustuttiin, jonka jälkeen siihen tehtiin pieniä tarkistuksia esille tulleiden ideoiden pohjalta. Tämän jälkeen ensimmäinen versio laadunvalvontajärjestelmästä on valmis käyttöön ottoa varten.

Toinen perehdytys palaveri pidettiin muille toimihenkilöille, jotka eivät olleet tiiviisti laadunvalvontajärjestelmää luomassa. Perehdytyksessä tutustuttiin heidän vastuusiinsa töiden läpiviemisessä ja yleisessä toiminnassa laadunvalvontajärjestelmän mukaisesti. Perehdytys oli ainoastaan parin tunnin mittainen, mutta toimihenkilöillä on ollut tämän jälkeen mahdollisuus kysyä neuvoa järjestelmän laatijoilta.

Työntekijöiden perehdytys venyi ajassa mitattuna pitkälle parin kuukauden päähän toimihenkilöiden perehdyttämisestä. Tämä johtui kesälomien alkamisesta, sekä projektityöstä tehtaan ulkopuolella. Työntekijöiden koulutus tapahtui myös kahdessa ryhmässä. Työntekijöiltä saatua palautetta käytettiin laadunvalvontajärjestelmän parantamiseen.

Yksi osa perehdyttämistä ja toiminnan vakiointi oli luoda pieni ohjetiedosto toimintaa varten. Dokumenttiin kerättiin kaikki oleellinen tieto siitä, minkä mukaan pitäisi toimia ja mitä pitää töiden tekemisessä ottaa huomioon. Tiedosto tuli toimihenkilöiden käyttöön, sillä työntekijöille riittävä ohjeistus oli jo toimintaohjeissa, sekä lopullinen ohjeistus tulisi aina yksittäisen tilaustyön mukana.

4.4 CE- hyväksyntä

CE- merkintä valmius saatiin Fetek Oy:lle elokuussa 2013. Yrityksessä kumminkin päätettiin olla sertifioimatta järjestelmää heti valmistuttua. Syitä tähän oli monia. CE- merkintä tulee pakolliseksi kantavissa teräs- ja alumiinirakenteissa heinäkuussa 2014, jota ennen järjestelmä on pakko sertifioida, jotta voidaan jatkaa standardin SFS-EN 1090-1 alle kuuluvien kantavien rakenteiden valmistamista.

Tärkein syy sertifioinnin siirtämiselle tulevaisuuteen oli markkinoille tulevien standardihitsausohjeiden odottaminen. Taloudellisesti katsottiin paljon kannattavamaksi ostaa standardihitsausohjeet hitsauslaitevalmistajilta, kuin teettää itse kalliit menetelmäkokeet. Standardihitsausohjepaketit olivat kuitenkin monella hitsauslaitevalmistajalle kesken, joten niitä ei ollut vielä mahdollista ostaa. Oletusarvoisesti hitsausohjepakettien hinta tulisi myös laskemaan kilpailun koventuessa.

Toinen erittäin olennainen syy sertifioinnin siirtämiselle oli alihankkijoiden ongelmat CE- merkinnän kanssa. Pintakäsittely kantaville teräs- ja alumiinirakenteille pitää toteuttaa saman standardin mukaisesti ja monella pintakäsittelijällä oli vielä prosessi toiminnan muuttamiseksi CE- merkinnän vaatimustenmukaiseksi kesken. Pintakäsittelyä olisi voinut toteuttaa myös standardin ulkopuolella toimivan alihankkijan kanssa, mutta tällöin täytyisi itse huolehtia pintakäsittelyn tarkastuksista, joka aiheuttaisi turhia kustannuksia yritykselle.

Viimeinen olennainen syy sertifioinnin siirtämiselle oli, että haluttiin varmistaa laadunvalvontajärjestelmän toimiminen ennen sen sertifioimista. Toimivan ja kevyen järjestelmän luominen oli työn yksi tavoitteista. Jos laadunvalvontajärjestelmä osoittautuisi toimimattomaksi, olisi sitä vielä mahdollisuus muokata.

CE- merkintä sertifikaattia tullaan hakemaan tulevan vuoden aikana, kun nähdään, että sen aiheuttamat kustannukset ovat tarpeeksi alhaalla. Tilannetta seurataan koko ajan, jotta nähdään milloin olisi optimaalisin aika merkinnän hankkimiselle ja ettei merkinnän hakeminen mene yli aikarajoista.

5 TULOKSET

Tulokset luvussa käsitellään CE- merkintävalmiuden vaikutusta Fetek Oy:n toimintaan. Laadunvalvontajärjestelmän käyttöönotto muutti toimintatapoja ja laatuajattelua yrityksen sisällä. Toiminnan muutokset aiheuttavat aina muutosvastarintaa. Muutosvastarinnan hallintaa tämän projektin kohdalla käsitellään myös tässä kappaleessa.

Tulokset kappale on jaettu kolmeen alalukuun; CE- merkinnän vaikutus tuotantoon, laatuajattelun muutokset ja muutokset yrityksen toiminnassa. CE- merkinnän vaikutus tuotantoon kappaleessa perehdytään laadunvalvontajärjestelmän aiheuttamiin muutoksiin töiden tekemisessä. Laatuajattelun muutokset luvussa perehdytään enemmän asenteiden muutokseen ja muutosvastarinnan voittamiseen. Viimeisessä luvussa muutokset yrityksen toiminnassa keskitytään laadunvalvontajärjestelmän aiheuttamiin muutoksiin organisaatiotasolla. Kaikki kolme osa-aluetta yhdessä muodostavat kokonaisuuden, jonka onnistumista arvioidaan viimeisessä kappaleessa Johtopäätökset ja Yhteenveto.

Kaikki lopulliset tulokset ja vaikutukset eivät ole vielä nähtävissä, vaan niiden esiin tuleminen voi kestää vuosia. Näiden tulosten arviointiin ei voida ottaa kantaa tässä työssä, koska diplomityö on kirjoitettu projektin aikana sekä osittain heti sen valmistumisen jälkeen. Tässä luvussa keskitytään nähtävissä olevien tulosten läpikäymiseen.

5.1 CE- merkinnän vaikutus tuotantoon

CE- merkinnän vaatiman laadunvalvontajärjestelmän käyttöönoton tuotannossa aiheutti tiettyjä muutoksia yrityksen toiminnassa. Näitä muutoksia tapahtui, sekä toimihenkilöiden toiminnassa, että työntekijöiden toiminnassa. Suurimmat muutokset tulivat toimihenkilöiden eli yksittäisestä työstä vastaavien toimintaan. Heidän vastuullaan on laadunvalvontajärjestelmän mukaan toiminen sekä töiden läpivieminen tarvittavien toimenpiteiden mukaisesti.

Muutokset työntekijöillä liittyvät laadunvalvonnan suorittamiseen ja töiden tekemiseen ohjeiden mukaisesti. Välillisesti myös pätevyyksien vaatiminen vaikuttaa toimintaan, koska kaikki työntekijät eivät voi suorittaa kaikkia töitä, joihin vaaditaan erityinen pätevyys. Käytännössä tämä näkyy hitsaajien toiminnassa, koska rakenteen hitsaaminen vaatii laadunvalvontajärjestelmän mukaisesti pätevän luokkahitsarin. Myös sähkötöiden tekemiseen vaaditaan pätevä sähkömies.

Laadunvalvonnan suorittaminen vaatii työntekijöiltä toleranssien mittaamista, hitsien tarkastamista ja pinnanlaadun mittaamista annettujen ohjeiden mukaisesti. Toleranssien mittaaminen tulee tehdä standardin SFS-EN 1090-2 annettujen ohjeiden mukaisesti, kuten laadunvalvontajärjestelmä edellyttää. Hitsien silmämääräisen tarkastami-

sen voi tehdä, kuka tahansa ilman erityistä pätevyyttä. Työntekijöille laadittiin ohjeet tarkastusten tekemistä varten. Ohjeissa kerrotaan kaikki tarkastettavat yksityiskohdat, sekä viitataan standardiin, jossa on tarkemmat yksityiskohdat. Yrityksessä on myös tarkoitus järjestää työntekijöille koulutusta hitsausliitosten silmämääräiseen tarkastamiseen. Pinnanlaadun tarkastaminen tehdään lähtökohtaisesti alihankkijoilla, joissa pintakäsittely tehdään. Tarvittaessa laaditaan ohjeistus tarkastamisen tekemiseksi, jos alihankkijan oma toiminta ei ole vaadittavalla tasolla.

Toimihenkilöillä muutokset näkyvät selkeämmin toiminnassa. Jokaiselle työlle nimetään aina vastuuhenkilö toimihenkilöistä, jonka vastuulla on kaikkien asiakirjojen hallinta kyseisen työn kohdalla. Vastuuhenkilön tulee laatia toteutuseritelmä ja laadunvalvontasuunnitelma työlle. Toteutuseritelmä laaditaan yhdessä toimeksiantajan kanssa. Erityisen tärkeää on sopia toteutusluokasta EXC1 ... EXC4. Toteutusluokka vaikuttaa suoraan laadunvalvontasuunnitelman luomiseen. Jos toteutusluokka ja työ vaativat hitsauskoordinaattorin hitsaussuunnitelmaa, on vastuuhenkilön teetettävä se. Hitsausten NDT- tarkastussuunnitteleminen kuuluu myös vastuuhenkilölle. Hitsauskoordinaattorin vastuulla on pätevän hitsaajan käyttäminen ja sopivan hitsausohjeen käyttäminen. Sopivan hitsausohjeen puuttuessa sellainen tehdään ja hyväksytetään sopivan menetelmän mukaisesti.

Vastuuhenkilön tulee huolehtia kaikkien ainestodistusten löytymisestä, sekä työn materiaalien jäljitettävyydestä. Materiaalien jäljitettävyys tulee tulla esille toteutuseritelmässä. Vastuuhenkilö huolehtii myös ostajan ja yrityksen välisistä muista asiakirjoista. Laadunvalvontasuunnitelman mukaisten tarkastusten tekeminen on myös vastuuhenkilön vastuulla, mutta hänen ei tarvitse välttämättä itse suorittaa mittauksia. Rakenteellisen suunnittelun asiakirjat tulee olla saatavilla, sekä niiden oikeellisuudesta tulee varmistua.

Vastuuhenkilö huolehtii poikkeustilanteiden hoitamisesta työn aikana. Poikkeustilanteesta täytetään aina poikkeustilanneraportti ja tilanteen mukaan päätetään jatko-toimenpiteistä. Toimenpiteet tulee olla standardin SFS-EN 1090-2 mukaisia ja työn laatu ei saa poiketa standardin asettamista vaatimuksista. Toimenpiteitä poikkeustilanteissa toimimiseen on annettu laadunvalvontakansiossa.

Rakenteellisen suunnittelun prosessi koki myös muutoksia. CE- merkintä vaatii suunnittelun tekemistä eurokoodien mukaisesti ja näin vanha rakennusmääräyskokoelma poistuu käytöstä. Rakenteellisen suunnittelun prosessi tulee olla kuvattuna ja sen perusteella tulee esittää tarvittavat laskelmat kantavuuden, väsymislujuuden ja palokäyt-täytymisen huomioimiseksi. Suunnittelua voivat tehdä ainoastaan pätevät henkilöt ja suunnitelmat tulee hyväksyttävä aina päärakennesuunnittelijalla. Suunnitteluohjelmien käyttö on esitetty laadunvalvontakansiossa ja laatu-käsikirjassa. Suunnitteluprosessi on myös kuvattu omana prosessinaan, kuten aikaisemmin on esitetty.

5.2 Laatuajattelun muutokset

Yksi tärkeä osa työtä oli saada laatuajattelu muuttumaan yrityksessä. Muutokset toiminnassa yleensä aiheuttavat muutosvastarintaa työntekijöissä. Tämän muutosvastarinnan voittamiseksi tehtiin töitä heti projektin alusta lähtien. Muutosvastarintaa esiintyi sekä toimihenkilöissä että työntekijöissä.

Suurin ongelma oli saada yrityksen johto ja toimihenkilöt näkemään muutos positiivisena. Muutos nähtiin aluksi ainoastaan lainmuutoksen pakottamana pahana. Toimihenkilöiden ajatusmaailman muuttaminen alkoi tutustuttamalla heitä tuleviin vaatimuksiin ja osoittamalla, etteivät muutokset aiheuta mahdollisesti lisätyötä aikaisempaan verrattuna. CE-merkintä pyrittiin esittämään myös kilpailuvalttina. Lisäksi laadukas toiminta tuottaa tyytyväisiä asiakkaita, joilta on mahdollisuus saada tulevaisuudessakin arvokkaita projekteja. Toimihenkilöiden kanssa pidettiin useita palavereja projektin läpiviennin ajan, jotta muutosvastarinta ei olisi niin vahvaa ja kaikki olisivat tietoisia muutoksista.

Työntekijöiden ajatusmaailman muuttaminen alkoi ensimmäisistä haastatteluista, joissa työntekijöille kerrottiin tarkemmin, mistä projektissa on kyse. Samalla kun diplomityöntekijä tutustui yrityksen toimintaan, selvitettiin myös muutosvastarinnan laajuutta. Työntekijät näkivät laadunvalvonnan vahvistamisen pääasiassa positiivisena asiana. Projektin kuluessa työntekijöiden mielipiteitä otettiin huomioon keskustelemalla heidän kanssa, sekä ottamalla työntekijöiden mielipiteitä huomioon luotaessa järjestelmää.

Projektin edetessä muutosvastarintaa saatiin vähennettyä varsinkin toimihenkilöiden piirissä. Uudet näkemykset ja toiminnan selkeytyminen aiheuttavat uusia näkökulmia toimihenkilöiden ajatuksissa. Työntekijöiden piirissä muutosvastarinta oli pienempää ja sitä ei huomattavasti saatu pienennettyä. Työntekijät näkivät laadunvalvonnan tekemisen ainoastaan yhtenä osana työtä, joten sitä ei nähty turhana tai ylimääräisenä toimintana.

5.3 Yrityksen toiminnan muutokset

Laadunvalvontajärjestelmän käyttöönotto ei vaikuttanut ainoastaan tuotantoon, vaan myös yleiseen toimintaan yrityksessä. Muutokset koskivat yleisten määräaikaistarkastusten lisääntymistä ja muiden asiakirjojen ajan tasalla pitoa. Laatukäsikirjaan ja laadunvalvontakansioon tehtiin selkeät säännöt tarkastuksille, sekä järjestelmän päivittämiseksi. Tästä vastuussa on yrityksen laaturyhmä.

Tärkein päivitettävä kohde on laatukäsikirja. Tästä lähtien laatukäsikirjan asiat päivitetään yrityksessä kerran vuodessa yritysjohtoon ja laaturyhmän kesken. Toimintaan tehdään tarvittavia muutoksia ja ne kirjataan laatukäsikirjaan. Toimintaan voidaan tehdä muutoksia muulloinkin, jos se nähdään tarpeelliseksi. Laatukäsikirjan on tavoitteena kuvata yrityksen toimintaa, joten sen pitäminen ajan tasalla antaa yrityksestä positiivisen kuvan sidosryhmille. Samalla tarkistetaan myös tarvittavien pätevyyksien voi-

massa olo seuraavan vuoden ajaksi. Jos työntekijöiden pätevyyksissä on puutteita, järjestetään koulutukset pätevyyksien päivittämiseksi.

Työlaitteiden määräaikaistarkastuksille määritettiin tarkastusväli ja vastuuhenkilö niiden hoitamiseksi. Työlaitteiden tarkastuksen hoitaa siihen päteväksi katsottu henkilö, tarkastus myös dokumentoidaan laadunvalvontakansioon. Jokaiselle työlaitteelle luotiin konekortti, jossa laitteen tarkastukset ja huollot ovat näkyvissä. Mittalaitteille määritettiin kalibrointiväli, jolloin tarkastetaan myös mittalaitteiden yleiskunto. Myös mittalaitteille tehtiin omat konekortit, joita säilytetään laadunvalvontakansiossa.

Materiaalien vastaanottamiseen päätettiin asettaa oma vastuuhenkilö, joka huolehtii materiaalien tullessa yritykseen niiden tarkastamisen hoitamisesta, sekä niiden merkkauksesta jäljitettävyyden kannalta. Tulevat materiaalit merkataan listaan päivämäärän mukaan ja lisäksi merkataan ainestodistuksen saapumispäivämäärä. Merkkamalla materiaali saapuneeksi, kuitataan se samalla tarkastetuksi. Materiaalien tarkastuksessa pääasia on tarkistaa materiaali oikeaksi ja ainestodistusta vastaavaksi. Lisäksi tarkastetaan, ettei materiaalissa ole pintapuolisia vaurioita. Materiaalin vastaanottamisen ja tarkastamisen voivat hoitaa työntekijät vastuuhenkilön antamien ohjeiden mukaisesti.

Laadunvalvontajärjestelmän luomisen aikana yrityksen alihankkijat käytiin lävitse ja luotiin hyväksytyt alihankkijat lista. Listalle kerättiin alihankkijat, joiden toiminta vastaa yrityksen laadunvalvontavaatimuksia ja CE- merkinnän vaatimuksia. Listalla olevien yritysten toiminta tarkastettiin. Hyväksytyjä alihankkijoita voidaan käyttää ilman erillisiä ohjeistuksia. Listan ulkopuolisia alihankkijoita voidaan käyttää ainoastaan, jos ne ohjeistetaan toimimaan yrityksen laadunvalvonnan mukaisesti tai hoidetaan laadunvalvonta itse. Näissä tapauksissa on Fetek Oy:n vastuulla, että tarvittavat laadunhallintadokumentit ovat kunnossa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA JATKOKEHITYS

CE- merkintä rakennustuotteissa rakennustuoteasetuksen mukaan aiheuttaa paljon muutoksia rakennustuotteiden valmistuksessa, ei ainoastaan kantavien rakenteiden valmistuksessa. CE- merkintä on pakollinen kaikissa rakennustuotteissa, joille on olemassa EN- standardin harmonisoitu osa. Johtopäätökset ja yhteenveto osiossa käydään läpi merkinnän vaikutuksia koko rakennusteollisuudelle ja yritykselle, jolle diplomityö tehtiin.

Suurin osa rakennustuoteasetuksen alaisista CE- merkintäpakoista tuli voimaan 1.7.2013. Tämän takia ensimmäiset merkit sen vaikutuksista tietyillä rakentamisen osalualueilla ovat alkaneet näkyä. Esimerkiksi puurakenteiden CE- merkintä vaatimus on aiheuttanut haasteita pienille sahoille, jotka eivät ole saaneet toimintaansa vaatimusten tasolle (Sahayrittäjät 2013). Puupintojen valmistaminen vaatii jo nyt systemaattista laadunvalvontaa. Asetusta voi vielä kiertää valmistamalla sahatavaraa puurakenteille, joille ei ole olemassa standardin harmonisoitua osaa. Rakennustuoteasetuksen vaatimukset eri rakennustuotteiden kohdalla vaihtelevat suuresti. Taulukon 2.5. AVCP- luokan mukaan voidaan vertailla rakennustuoteasetuksen aiheuttamia vaatimuksia, jotka ovat esitetty standardien harmonisoiduissa osissa.

Puurakentaminen vaatii osassa tuotteissa CE- merkintää, mutta merkinnän käytön valvonta ei vielä ole Suomessa tarvittavalla tasolla. Suomessa toimii vieläkin yrityksiä, jotka eivät ole sertifioineet toimintaansa CE- merkintää vastaavaksi. Ainakaan tähän mennessä ei ole vielä tullut ongelmia myydä merkitsemätöntä tavaraa. Itä- Suomessa toimivalta ikkunoita ja ovia valmistavalta yritykseltä ei ole kysytty edes CE- merkinnästä yhtään kertaa. Valvonnan laiminlyöminen mahdollistaa yritysten toiminnan vanhalla tavalla, panostamatta laadunvalvontaa ja muihin CE- merkinnän edellytyksiin.

Toisilla aloilla asetus aiheuttaa huomattavia kustannuksia tuotetestauksien ja laadunvalvonnan suorittamisen vuoksi. Tuotteelle tehtävät tuotetestaukset aiheuttavat huomattavia kustannuksia. Esimerkiksi CE- merkinnän vaatimat palo-ovien palotestit voivat maksaa kymmeniä tuhansia euroja. Itsessään uunin valmistaminen on jo todella suuri kustannus. Kustannukset voivat koskea myös henkilökunnan koulutuksia tai tuotteelle tehtäviä laadunvarmistuksia. Valettujen osien pinnanlaatua ja koostumusta tulee esimerkiksi jatkuvasti valvoa. Tämän takia joudutaan suorittamaan NDT- tarkastuksia, jotka vaativat pätevoitettuja henkilöitä. Myös tarkastusten laitteistot maksavat huomattavia summia. Tarvittavat hankinnat voivat olla tuhansia euroja laitteistoihin ja koulutuksiin.

Yleisellä tasolla rakennustuoteasetuksen tavoitteena on vapauttaa kilpailua EU:n alueella ja mahdollistaa yritysten toimintaa muiden jäsenvaltioiden markkinoilla. Tästä

johtuvat yhteiset vaatimukset jäsenvaltioiden sisällä. Samat vaatimukset EU- maiden sisällä voivat helpottaa siirtymistä myös kansainvälisille markkinoille, sillä tällöin tiedetään yritysten laadunvalvonnan ja tuotetestauksen taso CE- merkinnän johdosta. CE- merkinnän lisäksi voi jäsenvaltioilla vielä olla kansallisia lisävaatimuksia, jotka kuitenkin vaikeuttavat toimintaa kyseisen jäsenvaltion alueella. EU:n pyrkimys on päästä näistä kansallisista lisävaatimuksista eroon, mutta rakennustuoteasetus mahdollistavat ne.

Rakennustuoteasetus ja siihen liittyvät standardit on tehty kattamaan koko EU:n alueen vaatimukset. Tämän takia yksittäinen standardi saattaa sisältää vaatimuksia, jotka eivät ole olennaisia jokaisessa jäsenmaassa. Nämä turhat vaatimukset aiheuttavat yrityksille ylimääräisiä kustannuksia. Ylimääräiset kustannukset saattavat heikentää pienten yritysten kilpailukykyä suuria kansainvälisiä yrityksiä vastaan.

Lisääntyneet kustannukset ovat haitallisempia pienille ja keskisuurille yrityksille, kuin suurille kansainvälisillä markkinoilla toimiville yrityksille. Suuret yritykset pystyvät luomaan omat laadunvalvonta- ja testausosastonsa, jotka ovat perehtyneet tarkasti CE- merkinnän vaatimuksiin ja sen aiheuttamiin toimenpiteisiin laadunvalvonnassa. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä ei välttämättä ole resursseja ylläpitää kyseisiä osastoja vaan ne voivat joutua ostamaan palveluita, kuten hitsauksen koordinointi, NDT- tarkastukset ja hitsausohjeet ulkopuoliselta toimijalta. Toiminnon ostaminen ulkopuoliselta toimijalta ei ole kustannustehokkain vaihtoehto ja saattaa näin heikentää yritysten kilpailuasemaa.

Lisääntyneiden vaatimusten toteuttaminen luo myös mahdollisuuksia yrityksille myydä omaa osaamista muille yrityksille. Hitsauskoordinoinnin ja NDT- tarkastusten myyminen yrityksen ulkopuolella voivat olla osa liiketoimintaa. Uusien liiketoiminta-sektoreiden luominen voi parantaa huomattavasti pienten ja keskisuurten yritysten kannattavuutta. Yrityksissä saattaa tästä syystä aueta uusia työpaikkoja ja mahdollisuuksia uusien pätevyyksien hankintaan työntekijöille. Suuret hitsauslaitevalmistajat ovat jo alkaneet kokoamaan standardihitsausohjepaketteja myyntiä varten. Pienten yritysten ei tällöin tarvitse itse teettää kaikkia menetelmäkokeita, vaan ne voivat ostaa hitsausohjeet paketteina laitevalmistajilta ja säästää näin kustannuksissa.

CE- merkinnän valvominen lisää työmäärää myös sertifiointilaitoksissa. Kolmannen osapuolen valvonta on pakollinen osa vaatimustenmukaisuuden täyttämistä. Näin ollen sertifiointilaitosten työmäärä lisääntyy ja aukaisee uusia työpaikkoja, sekä mahdollisesti uusia toimijoita kyseisellä alalla. Suomeen on tullut viimeisen vuoden aikana ainakin kaksi uutta sertifiointilaitosta tekemään kantavien teräs- ja alumiinirakenteiden CE- merkintä tarkastuksia standardin SFS- EN 1090 mukaisesti. Sertifiointilaitokset tekevät myös tarvittavia tuotetestauksia eri tuotteille CE- merkinnän vaatimusten mukaisesti, sekä tarjoavat laadunvalvontapalveluita, kuten NDT- tarkastuksia. Läheinen yhteistyö sertifiointilaitoksen kanssa voi toimia kilpailuetuna PK- yrityksille.

Suurille yrityksille muutos auttaa tunkeutumaan kansainvälisille markkinoille yhteisten vaatimusten ansiosta. Suurten yritysten on myös helppo houkutelaa pätevää henkilökuntaa tai kouluttaa sitä tarpeen mukaan. Ne saattavat saada helposti kilpailuetua PK- yrityksiin verrattuna, jos nämä eivät saa prosessejaan toimimaan tarpeeksi sujuvasti

ja pienin kustannuksin. Suurten yritysten voi olla vaikea sopeuttaa tuotantoprosessinsa vaatimustenmukaisiksi, jos ne poikkeavat huomattavasti laadunvalvonnaltaan uusista säädöksistä. CE- merkintä voi helpottaa niiden kilpailua EU:n ulkopuolelta tulevia toimijoita vastaan, jos CE- merkintä nähdään laadukkuuden mittarina.

Tulevaisuudessa rakennustuotteiden CE- merkintä voi vähentää huomattavasti laatuvirheistä johtuvia ongelmatilanteita rakennusvaiheessa tai valmiissa rakennuksissa. Lähtökohtaisesti CE- merkintä ei ole laaduntae, mutta se on osoitus vaatimustenmukaisuudesta, joten mahdolliset virheet johtuvat, jostain muusta kuin laadunvalvonnasta. Laadunvalvonnan laiminlyönti on aina mahdollista, mutta kolmannen osapuolen valvonnan pitäisi pyrkiä poistamaan nämä laiminlyönnit.

Fetek Oy:n toiminnan muutokset tulevat muuttamaan yrityksen toimintaa jatkossa. CE- merkinnän pakolliseksi tuleminen kantavissa teräsrakenteissa avaa mahdollisuuksia, mutta samalla myös aiheuttaa lisätyötä yritykselle. Fetek Oy halusi olla ensimmäisten yritysten joukossa muuttamassa toimintaansa CE- merkinnän vaatimustenmukaiseksi, jotta muutoksesta voitaisiin hyötyä mahdollisimman paljon. Lisäksi ajatuksena oli mahdollisesti tarjota muutosprosessiin liittyvää konsultaatiota ja muita palveluita kilpailijoille osana liiketoimintaa.

Fetek Oy oli panostanut osittain laadunvalvonnan toteuttamiseen hitsatessaan betoniteräksiä elementtiteollisuudelle. Tämän takia suurin osa tarvittavista pätevyyksistä, hitsausohjeista ja aineodistuksista olivat valmiiksi osa toimintaa. Yrityksessä oli pätevä hitsauskoordinaattori ja hitsaajat olivat suorittaneet luokkahitsaajan pätevyyydet. Tämä pienensi huomattavasti tarvittavaa työmäärää koulutusten järjestämisestä. Tämä osoitti myös, että henkilökunta oli pääasiallisesti pätevää toimimaan kantavien teräsrakenteiden valmistuksessa.

Pätevät työntekijät ovat tottuneet tuottamaan tarvittavan hyvää jälkeä työtehtävissä. Näiden työntekijöiden ei tarvitse kiinnittää niin paljon huomiota tulevaan jälkeen, kun sen tietää olevan vaatimustenmukaisuuden edellyttämällä tasolla. Se on ollut joka päiväistä rutiinia jo ennen CE- merkinnän vaatimustenmukaisuuden toimenpiteiden aloittamista. Hitsausohjeen käyttäminen antaa hitsaajalle selkeän ohjeen siitä, minkälaista tuleva hitsausjälki tulisi olla. Hitsausohjeen käyttäminen helpottaa myös silmämääräisen tarkastuksen tekemistä hitsausjäljelle.

Hitsausjäljen silmämääräistä tarkastamista varten laadittiin muistilista, jonka perusteella jokaisen hitsarin pitäisi pystyä tarkastamaan hitsausjälki ja todeta se vaatimustenmukaiseksi. Tavoitteena oli mahdollistaa työntekijöiden käyttäminen tarkastusten tekemisessä. Tämä johtui siitä, että erillisen laadunvalvontaosaston ylläpitäminen Fetek Oy:n kokoisessa yrityksessä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Erilaiset hitsausvirheet ovat suuri syy tapahtuneisiin kantavien rakenteiden pettämiseen suunnitteluvirheiden ohella. Tästä syystä hitsauksen silmämääräinen tarkastus tulee hoitaa erityisen huolellisesti. Yrityksessä on mietitty henkilökunnan kouluttamista hitsausvirheiden tarkastamiseen, vaikka se ei ole standardin SFS- EN 1090-1 mukaan ole pakollista.

Järjestelmän rakentamisen suurin ongelma liittyi materiaalien jäljitettävyyden varmistamiseen. Yrityksessä varastotilat ovat pienet ja varastoihin ei voida sitouttaa

liikaa pääomaa. Tämä aiheuttaa ongelmat jäljitettävyyden varmistamiselle. Pääperiaate yrityksessä on, että materiaaleja tilataan työ kerrallaan. Yli jäävät materiaalit varastoidaan pieniin tiloihin yrityksen varastoihin ulkona sekä sisällä. Materiaaleille ei voida tilojen ja materiaalien määrän takia pitää täydellisiä hyllypaikkoja erittäin, joten varastoitavan materiaalin merkkäminen tuli hoitaa muuten. Erilaisten merkkäusmenetelmien toimimista alettiin kartoittaa ja testata. Parhaan tavan löytämiseksi asiaa ideoitiin ryhmässä, jonka jälkeen päätettiin testata mahdollisia merkkäusmenetelmiä. Ideoinnissa tuli esille erilaisia klipsejä, sekä värimerkkäamista. Merkkäminen tulisi merkitä tavaran vastaanotto listaan, joka samalla toimii varmistuksena tulevan tavaran laadunvalvonnasta.

Tavoitteena oli toteuttaa projektia erilaisten laatufilosofioiden ja laatuperiaatteiden mukaisesti. Tärkein ajatus oli ajatella yrityksen toimintaa prosesseina. Prosesseiden erottelu toisistaan mahdollisti niiden kehittämisen laadunvalvontajärjestelmän vaatimuksien mukaiseksi. Prosesseja pyrittiin kehittämään Lean- periaatteiden mukaisesti. Tärkeä osa Lean- periaatetta on ottaa työntekijät mukaan kehitysprosessiin. Työntekijöiden mielipiteitä pyrittiin ottamaan huomioon heti projekti alusta alkaen tekemällä haastatteluja ja myöhemmässä vaiheessa keskustelemalla työntekijöiden kanssa.

Muita Lean- periaatteita sovellettiin pyrkimällä selkeyttämään varastojen toimintaa vastaamaan samalla laadunvalvonnan määräyksiä. Varastoista yritettiin poistaa hukkamateriaaleja ja samalla selkeyttää materiaalityönteiden tekemistä. Luomalla materiaalin vastaanottolomakkeet ja valitsemalla varaston vastuuhenkilö, pysytään paremmin perillä varaston toiminnasta ja ylimääräisestä tavarasta. Hukkaa pyrittiin myös poistamaan laatuvirheistä aiheutuvista kustannuksista lisäämällä laadunvalvontaa. Työkoneiden jatkuva tarkastaminen poistaa niiden yllättävistä hajoamisista aiheutuvia kustannuksia.

Demingin laatuympyrän PDCA- sykliä pyrittiin tuomaan prosessien toteutukseen laadunvalvonnan osalta. Jokaisessa prosessissa on tarkoitus ensin suunnitella toteutus, suorittaa itse työ, tehdä laadunvalvonnan vaatimat operaatiot ja korjata mahdolliset laatuvirheet, jos niitä on syntynyt. Sama sykli toistuu prosessista toiseen. Prosesseista pyrittiin luomaan mahdollisimman toistensa kaltaisia, jotta ongelmat yhdessä prosessissa voidaan myös helposti tunnistaa toisessa ja jatkokehitys on näin helpompaa. Prosessien PDCA- sykli toteuttaa oikein toimittuna laadunvalvontajärjestelmän vaatimukset. Suunnitteluvaiheessa esimerkiksi huolehditaan tarvittavista pätevyyksistä ja tuotannon suunnittelusta. Toteutus toteutetaan laadunvalvontajärjestelmän mukaisesti. Tarkistus vaiheessa tehdään tarvittavat hitsauksen tarkistukset ja toleranssien mittaukset. Mahdollisten laatuvirheiden korjaaminen on viimeisessä vaiheessa, jota varten on olemassa poikkeamaraportit. Viimeisen vaiheen tarkoitus on myös kehittää prosessin toimintaa.

Tärkeä osa työtä oli toteuttaa yrityksessä laatujohtamisen periaatteita ja tuoda jatkuvan parantamisen tärkeyttä yrityksen toimintaan. Laatujohtamisen pohjan päivittäminen ja laadunvalvontajärjestelmän luominen antaa hyvän pohjan toimintamallien muutokselle. Asioiden toteuttaminen on tulevaisuudessa kiinni yrityksen johdon tuesta ja laatuvaastavan toiminnasta huolehtia asioiden toteuttamisesta. Näiden periaatteiden

toteuttaminen on keskeinen osa Lean- periaatetta. Muutosten toteuttaminen aiheutti varsinkin yrityksen johdossa muutosvastarintaa, mutta ymmärrettiin myös laadukkaan toiminnan luomat edut ja mahdollisuudet.

Yrityksen suurin muutosvastarinta oli yrityksen johdolla. Projektin alusta lähtien CE- merkintä nähtiin ainoastaan kustannuksia ja työtä lisäävänä pahana. Projektin aikana merkinnän luomista pakollisista tarkastuksista ja vaatimuksista löydettiin myös mahdollisuuksia uusien liiketoiminta osa-alueiden luomiseen. Yrityksen sisäinen järjestelmä nähtiin kumminkin enemmän negatiivisena, kuin positiivisena asiana. Laadun tärkeys ymmärrettiin, mutta sen jatkuva tarkastaminen nähtiin enemmän resursseja kuluttavana, kuin toimintaa parantavana toimintana. Kilpailun kannalta muutokset kumminkin ymmärrettiin ja muutokset oltiin valmiita viemään lävitse.

Työntekijöiden keskuudessa muutokset otettiin vastaan ilman suurta muutosvastarintaa. Muutoksien tarkoitus ymmärrettiin ja tulleet toimenpiteet nähtiin vain osana työtä, jolloin niiden tekemisestä tulisi rutiinia ja osa jokapäiväistä toimintaa. Pieniä kyseenalaistamisia esiintyi, mutta pääpiirteittäin ymmärrettiin muutosten pakollisuus osana toiminnan jatkumista ja tulevaisuuden vaatimuksia. Tarvittaviin koulutuksiin osallistuminen nähtiin myös positiivisena ja omaa ammattitaitoa kehittäväna toimintana. Järjestelmä on ollut käytössä vasta niin vähän aikaa, että se voi aiheuttaa lisää muutosvastarintaa vielä myöhemmin.

LÄHTEET

Burgess N.T. 1989. Quality assurance of welded construction. Second edition. Elsevier science publishers LTD. 215s.

CEN ISO/TR 15608. 2013. Hitsaus. Ohjeet metallisten materiaalien ryhmittelylle. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 18s.

Ihalainen, Aaltonen, Aromäki, Sihvonen. 1991. Valmistustekniikka. Kolmas painos. Hämeenlinna. Otatieto Oy. 488s.

Haverila Matti J., Uusi-Rauva Erkki, Kouri Ilkka, Miettinen Asko. 2009. Teollisuustalous. 6. painos. Tampere. Infacs Oy. 510s.

IMS Toimintajärjestelmä. 2013. DMAIC kehittämisprosessin vaiheita.[WWW] [Viitattu 24.9.2013]
http://www.ims.fi/sites/default/files/article_attachments/DMAIC_kehittamisprosessin_vaiheita..pdf

Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus. 1984. Lastuaminen tänään. painos 60. Helsinki. Insinööriliitto Oy. 176s.

Ilkka Lapinleimu. 2007. Ideaalitehdas, Tehtaan suunnittelun teorian kiteytys. 3. painos. Tampere. Laitosraportti nro. 50. Tampereen teknillinen korkeakoulu Tuotantotekniikan laitos. 197s.

James P. Lewis. 2011. Project Planning, Scheduling & Control: The Ultimate Hands-on Guide to Bringing projects in on Time and on Budget. Fifth edition. McGraw-Hill. Verkkojulkaisu.

Jukka Vilppo. 1987. Vesisuihkuleikkaus Menetelmän periaate ja käyttö. Espoo. VTT Offsetpaino. 44s.

Kinnunen, Saarinen, Tiira, Ulvinen, Väänänen. 2001. Teräsrakenteiden suunnittelu. neljäs uusittu painos. Helsinki. Rakennustieto Oy. 180s.

Koivisto, Laitinen, Niinimäki. 2010. Konetekniikan materiaalioppi. painos 12-13. Helsinki. Edita. 341s.

Laatutieto. 2013. Six Sigma.[WWW]. [Viitattu 20.9.2013]
<http://www.sixsigma.fi/fi/etusivu/>

Leaniksi. 2013. Lean –sanasto.[WWW] [Viitattu 20.9.2013] <http://leaniksi.fi/lean-sanasto/>

Lonnie Wilson. 2010. How to Implement Lean Manufacturing. McGraw Wilson. Verkkojulkaisu.

Michael L. George. 2002. Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. McGraw-Hill. Verkkojulkaisu.

Peter L. King. 2009. Lean for the Process Industries: Dealing with Complexity. Productivity Press. Verkkojulkaisu.

Pertti Lepola, Matti Makkonen. 2008. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1.-3. painos. Helsinki. Werner Söderström Oy. 429s.

Prolaser. 2012. Vesileikkaus.[WWW]. [Viitattu 29.5.2013] <http://www.prolaser.fi/vesileikkaus.html>

Puuinfo. 2013. Suunnitteluohjeet.[WWW] [Viitattu 20.9.2013] <http://www.puuinfo.fi/rakentaminen/suunnitteluohjeet>

Puukeskus. 2013. Hyvä tietää puusta.[WWW] [Viitattu 20.9.2013] http://www.puukeskus.fi/img/dyn/Puuinfo/hyva_tietaa_puusta.pdf

Ralf Lindberg, Olli Kerokoski. 2010. Teräsbetonirakenteet. Tampereen teknillinen yliopisto. Julkaisematon. 294s.

Sahayrittäjät Ry. 2013. CE- merkinnän haasteet piensahateollisuuden alalla. [WWW] [Viitattu 3.10.2013] http://www.sahayrittajat.fi/web/index.php?option=com_content&view=article&id=46:puurakentaminen-ce-merkintae&catid=11:tiedotteet

SFS-EN 1090-1. 2010. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 1: Vaatimukset rakenteellisten kokoonpanojen vaatimustenmukaisuuden arviointiin. Helsinki, Suomen standardisoimisliitto. 1+75s.

SFS-EN ISO 17660-1. 2007. Betoniterästen hitsaus. Osa 1: Voimaliitokset. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 78s.

SFS 3052. 1995. Hitsaus sanasto Yleistermi. 5 painos. Helsinki. Suomen standardisoimisliitto. 1+122s.

Siikanen Unto. 2008. Puurakentaminen. Helsinki. Rakennustieto Oy. 331s.

Serope Kalpakjian. 1997. Manufacturing Processes for Engineering Materials. Third Edition. Addison Wesley Longman, Inc. 950s.

Summers, A. 1995. Waterjetting Technology. First edition. Oxford, Great Britain. Alden Press. 882s.

Szekely, J, Apelian, D. 1984. Plasma Processing and Synthesis of Materials. New York, New York, the United States of America. Elsevier Science Publishing Co., Inc. 306s.

Tampereen teknillinen yliopisto. 2005. Ei-rautametallit.[WWW]. [Viitattu 20.9.2013]
http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_2.php

Tampereen teknillinen yliopisto. 2005. Rautametallit.[WWW]. [Viitattu 20.9.2013]
http://www.ims.tut.fi/vmv/2005/vmv_4_1.php

Teknologiateollisuus ry, Teräsrakenneyhdistys ry, Metsta ry. 2012. Teräskokoonpanojen CE-merkintä. [WWW]. [Viitattu 8.3.2013]
http://www.metsta.fi/ajankohtaista/METSTA-tiedotus/2012/liitteet/Terasrakenteet_jaCE_2012-08_net.pdf

Timo Kinos, Tommi Hyypiä, Erkki Ahola. 1998. Alumiini rakennemateriaalina Osa1 Alumiini ja sen seokset. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 65s.

Timo Kinos, Tommi Hyypiä, Erkki Ahola. 1998. Alumiini rakennemateriaalina Osa2 Alumiiniinittuotteiden valmistus. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 135s.

TUKES. 2013. CE-merkintä.[WWW]. [Viitattu 1.3.2013]
<http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kuluttajaturvallisuus/CE-merkki/>

Ympäristöministeriö Asunto- ja rakennusosasto. 2004. Ympäristöopas 95. Uusittu painos. Helsinki, Edita Prima Oy. 36s.

LIITE 1

Ryhmä	Alaryhmä	Teräslaji
1		Teräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^{2a}$ ja analyysipitoisuudet ovat %:
		$C \leq 0,25^d$
		$Si \leq 0,60$
		$Mn \leq 1,8$
		$Mo \leq 0,70^b$
		$S \leq 0,045$
		$P \leq 0,045$
		$Cu \leq 0,40^b$
		$Ni \leq 0,5^b$
		$Cr \leq 0,3(0,4 \text{ valuteräksille})^b$
		$Nb \leq 0,06$
		$V \leq 0,1^b$
		$Ti \leq 0,05$
	1.1	Teräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} \leq 275 \text{ N/mm}^2$
	1.2	Teräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $275 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 360 \text{ N/mm}^2$
	1.3	Normalisoidut hienoraeteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	1.4	Säenkestävät teräokset, joiden analyysipitoisuudet saattavat ylittää annetut pitoisuudet ryhmän 1 seosaineille
2		Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräokset ja valuteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	2.1	Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräokset ja valuteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 460 \text{ N/mm}^2$
	2.2	Termomekaanisesti valssatut hienoraeteräokset ja valuteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} > 460 \text{ N/mm}^2$
3		Nuorrutusteräokset ja erkautuskarkenevat teräokset, paitsi ruostumattomat teräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} > 360 \text{ N/mm}^2$
	3.1	Nuorrutusteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $360 \text{ N/mm}^2 < R_{eH} \leq 690 \text{ N/mm}^2$
	3.2	Nuorrutusteräokset, joiden ohjeellinen ylempi myötöraja $R_{eH} > 690 \text{ N/mm}^2$
	3.3	Erkautuskarkenevat teräokset, paitsi ruostumattomat teräokset
4		Niukasti vanadiinilla seostetut Cr-Mo-(Ni) teräokset, joissa $Mo \leq 0,7\%$ ja $V \leq 0,1\%$
	4.1	Teräokset, joissa $Cr \leq 0,3\%$ ja $Ni \leq 0,7\%$
	4.2	Teräokset, joissa $Cr \leq 0,7\%$ ja $Ni \leq 1,5\%$
		Vanadiinia sisältämättömät Cr-Mo teräokset, joissa $C \leq 0,35\%$

5	5.1	Teräkset, joissa $0,75\% < Cr \leq 1,5\%$ ja $Mo \leq 0,75\%$
	5.2	Teräkset, joissa $1,5\% < Cr \leq 3,5\%$ ja $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$
	5.3	Teräkset, joissa $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$ ja $0,4\% < Mo \leq 0,7\%$
	5.4	Teräkset, joissa $7,0\% < Cr \leq 10,0\%$ ja $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$
6		Runsaasti vanadiinilla seostetut Cr-Mo-(Ni) teräkset
	6.1	Teräkset, joissa $0,3\% < Cr \leq 0,75\%$, $Mo \leq 0,7\%$ ja $V \leq 0,35\%$
	6.2	Teräkset, joissa $0,75\% < Cr \leq 3,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ ja $V \leq 0,35\%$
	6.3	Teräkset, joissa $3,5\% < Cr \leq 7,0\%$, $Mo \leq 0,7\%$ ja $0,45\% \leq V \leq 0,55\%$
	6.4	Teräkset, joissa $7,0\% < Cr \leq 12,5\%$, $0,7\% < Mo \leq 1,2\%$ ja $V \leq 0,35\%$
7		Ferriittiset, martensiittiset tai erkautuskarkenevat ruostumattomat teräkset, joissa $C \leq 0,35\%$ ja $10,5\% < C \leq 30\%$
	7.1	Ferriittiset ruostumattomat teräkset
	7.2	Martensiittiset ruostumattomat teräkset
	7.3	Erkautuskarkenevat ruostumattomat teräkset
8		Austeniittiset ruostumattomat teräkset, $Ni \leq 35\%$
	8.1	Austeniittiset ruostumattomat teräkset, joissa $Cr \leq 19\%$
	8.2	Austeniittiset ruostumattomat teräkset $Cr > 19\%$
	8.3	Mangaaniseosteiset austeniittiset ruostumattomat teräkset, joissa $4\% < Mn \leq 12\%$
9		Nikkeliseostetut teräkset, joissa $Ni \leq 10,0\%$
	9.1	Nikkeliseostetut teräkset, joissa $Ni \leq 3,0\%$
	9.2	Nikkeliseostetut teräkset, joissa $3,0\% < Ni \leq 8,0\%$
	9.3	Nikkeliseostetut teräkset, joissa $8,0\% < Ni \leq 10,0\%$
10		Austeniittis-ferriittiset teräkset (duplex-teräkset)
	10.1	Austeniittis-ferriittiset teräkset, joissa $Cr \leq 24,0\%$
	10.2	Austeniittis-ferriittiset teräkset, joissa $Cr > 24,0\%$
	10.3	Austeniittis-ferriittiset teräkset, joissa $Ni \leq 2\%$
11		Teräkset, jotka kuuluvat ryhmään 1 ^c , paitsi, että $0,25\% < C \leq 0,85\%$
	11.1	Ryhmän 11 teräkset, joissa $0,25\% < C \leq 0,35\%$
	11.2	Ryhmän 11 teräkset, joissa $0,35\% < C \leq 0,5\%$
	11.3	Ryhmän 11 teräkset, joissa $0,5\% < C \leq 0,85\%$
		Kappaleanalyysin perusteella voidaan ryhmän 2 terästen arvioida kuuluvan ryhmään 1. Jos materiaalin ohjeellinen ylempi myötöraja poikkeaa aineenpaksuudesta johtuen, käytetään ryhmän tai alaryhmän määrittämiseksi suurinta myötörajaa
		^a Terästen tuotestandardien spesifikaation mukaan R_{eH} voidaan korvata $R_{p0,2}$ tai $R_{t0,5}$. ^b Korkeampi arvo sallitaan, edellyttäen, että $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 0,75\%$ ^c Korkeampi arvo sallitaan, edellyttäen, että $Cr + Mo + Ni + Cu + V \leq 1\%$

		^d Korkeampi arvo sallitaan, edellyttäen, että $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{V} \leq 1\%$ ja $\text{CE(IIW)} \leq 0,55$. Hiiliekvivalentti CE (IIW) määritetään raportissa ISO/TR 17671-2
--	--	---

LIITE 2

Kysymyksiä yritysjohdo

Toimintaympäristö

- Mitkä ovat tärkeimmät periaatteet yrityksen toiminnassa?
- Mitkä ovat tärkeimmät tavoitteet tuotannossa? Aika, laatu, kustannus? Millä mitataan?
- Mikä on asiakas tyytyväisyyden merkitys?
- Mikä on laadun merkitys toiminnassa?
- Onko yrityksen tarkoitus kasvaa tulevaisuudessa?
- Miten toimintaa suunnitellaan pitkällä aikavälillä? Varastojen hallinta? (määrä, koko, arvo)
- Miten asiakirjojen hallinta hoidetaan? Arkistointi? Sähköisesti?

Tuotanto

- Miten tuotantoa suunnitellaan?
- Kuka huolehtii pätevyyksistä huolehtiminen? (Tarkastaminen)
- Miten työt jaetaan?
- Miten tuotanto jaetaan? (Tuotanto paikanpäällä, työmaalla ja kunnossa pito)
- Kenellä on vastuu tuotteen oikeellisuudesta?
- Kuka huolehtii laadunvalvonnasta? (Asiakirjat tällä hetkellä?)(Työohjeet(mainittu laatukäsikirjassa)?)
- Millä tuote läpäisee tällä hetkellä vaatimukset? (Toleranssien tarkastaminen)
- Kuka huolehtii valmistumisesta aikataulussa?
- Kuka huolehtii laitteiden tarkistuksesta ja huollosta?

Tilaukset ja alihankinta

- Mitkä ovat vastuu alueet tarjouksien tekemisessä?
- Miten vakiintuneista asiakkaista huolehditaan?
- Miten huolehditaan asiakas tyytyväisyydestä?
- Miten reklamaatiot hoidetaan?
- Minkälaiset ovat tilaustietokannat?
- Materiaali tilaukset? Kilpailuttaminen? Laadunvarmistus? CE- hyväksyntä? Vastaanotto tarkastukset?
- Minkälaisia alihankkijoita käytetään? (Vakiintuneet? esim. Ruukki)
- Oman toiminnan markkinointi P2P?

Suunnittelu

- Miten suunnittelua jaetaan?
- Tuntemus EN 1993 vaatimuksista millä tasolla?
- Tehdäänkö rakenteiden mitoitus?

- Varmistetaanko suunnittelun vaatimusten mukaisuutta?
- Tehdäänkö tuotekehitystyötä?

Yhteishenki

- Pidetäänkö palavereja? (Johto, johto+ työntekijät)
- Miten työntekijöitä tiedotetaan?
- Miten työssä kehittymistä seurataan? Jatkuva parantaminen?
- Miten työturvallisuudesta huolehditaan?

Nykytilanne analyysi kysymyksiä

Perustiedot

- Nimi?
- Monta vuotta olet ollut talossa?
- Mitkä ovat yleisimmät työtehtävät?
- Mitkä ovat mieluisimmat työtehtävät?
- Mitä työmenetelmiä käytät päivittäin? (Satunnaisesti?)
- Mitä pätevyyskysymyksiä sinulta löytyy? (Hitsaus? muut?)
- Kumpaa teet enemmän, kunnossa pitoa vai tehdastyötä?

Työn suorittaminen

- Toimintamallit?
- Miten työt jaetaan?
- Miten selkeästi on määritelty etenemisjärjestys?
- Kuka huolehtii materiaaleista?(Varaston käyttö)
- Miten toimit kun tuote valmistuu?
- Miten asiakirjoja hallitaan?
- Kuka huolehtii että työohjeet ovat ajan tasalla?

Laadunvarmistus

- Miten työn laatu tarkastetaan?
 - Tarkastukset? Ennen? Aikana? Jälkeen?
 - Mittaukset? Toleranssit? Mittalaitteet?
 - Hitsivirheet? Leikkaaminen?
 - Kiinnittäminen? (toimiminen ohjeiden mukaan)
- Miten toimit työnjohdon kanssa? (kuka vastaa)

- Mitä teet ongelma tilanteissa? Miten toimitaan viallisen tuotteen kanssa?
- Mitä teet jos työ viivästyy?
- Kuka vastaa laitteiden tarkistuksesta ja huollosta? (Kenelle ilmoitetaan vioista)
- Kuka vastaa käytettävien tuotteiden tarkastuksesta? (Sopivia ja kunnossa)
- Mitä kirjataan ylös? Ilmoitetaan eteenpäin?

Yleinen tekeminen Fetekillä

- Miten asioista tiedotetaan työntekijöitä?
- Miten tieto kulkee eteenpäin?
- Kuka on esimiehesi? (Kuvaile esimies suhteita)?
- Mitä mieltä olet johtamisesta? Annetaanko palautetta molempiin suuntiin?
- Mitä mieltä olet tulevista muutoksista?
- Viihdytkö täällä?
- Millainen on yleinen työilmapiiri?
- Miten työturvallisuudesta huolehditaan?
- Mitä ongelmia toiminnassa on?

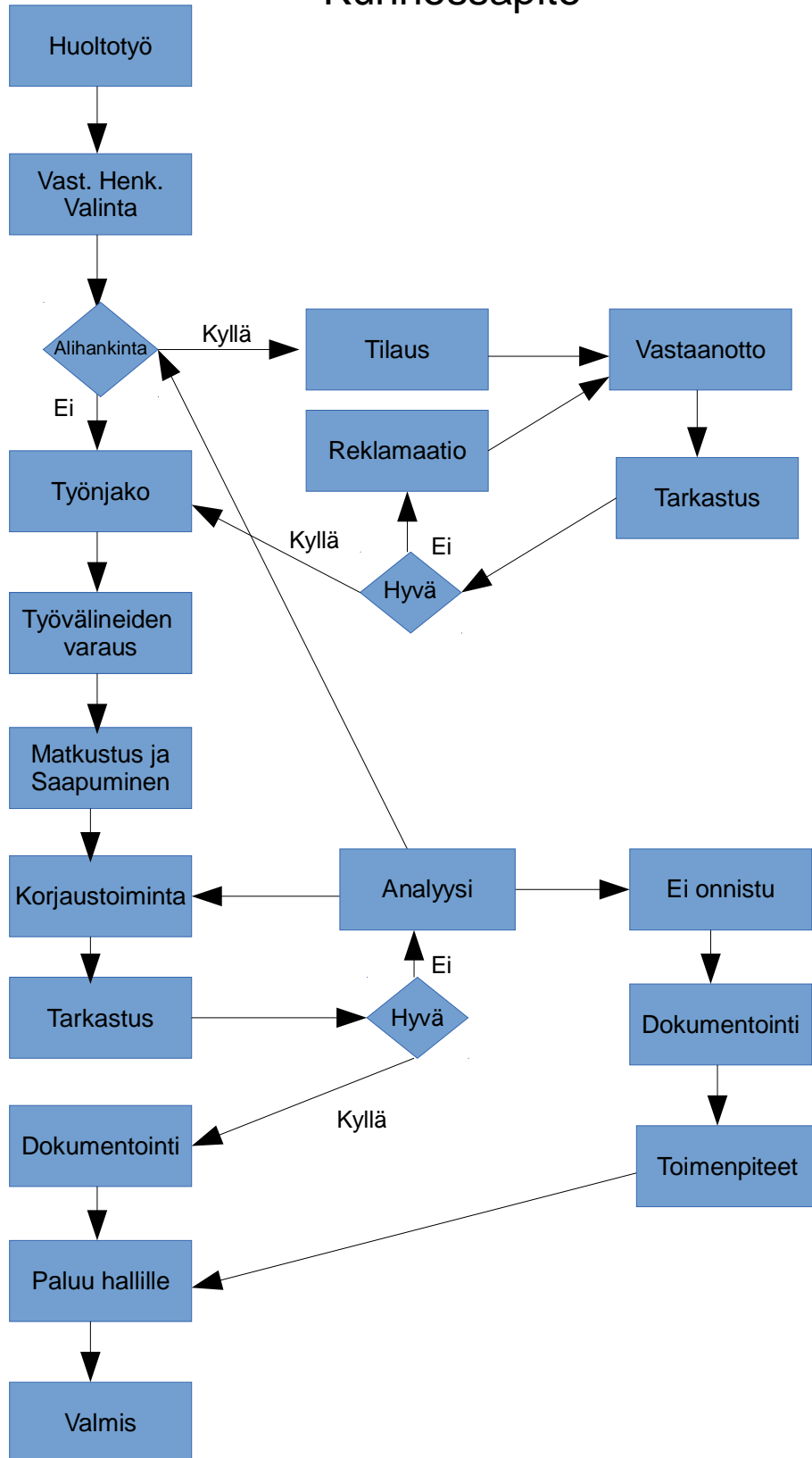
Kehitys ehdotuksia?

- Toiveita toiminta/työohjeista? Yksityiskohtaisia? Pintapuolisia?
- Toimimisesta

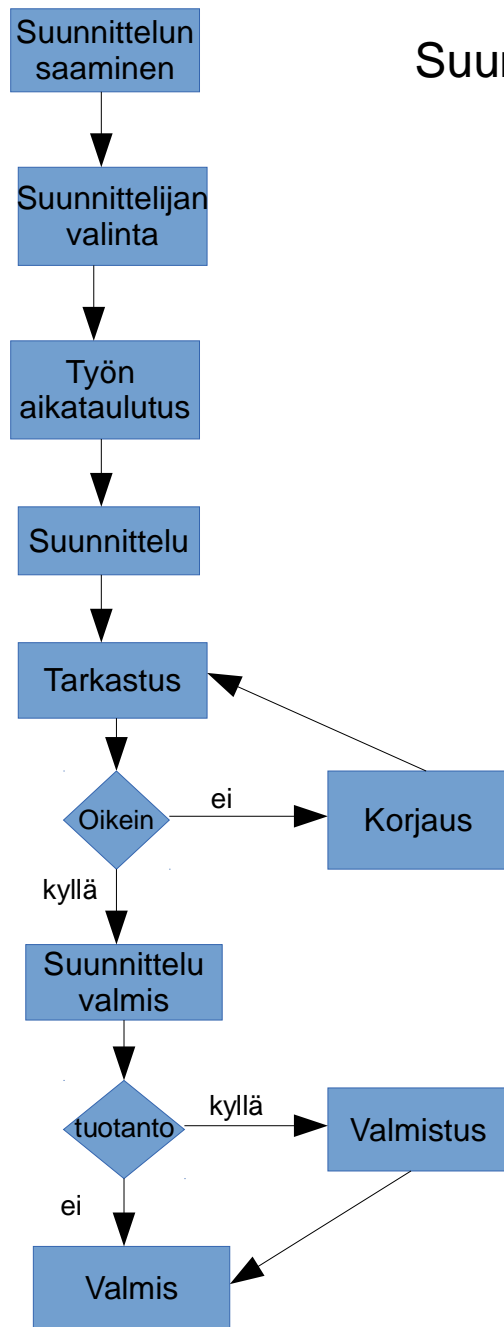
LIITE 3

Prosessikaaviot.

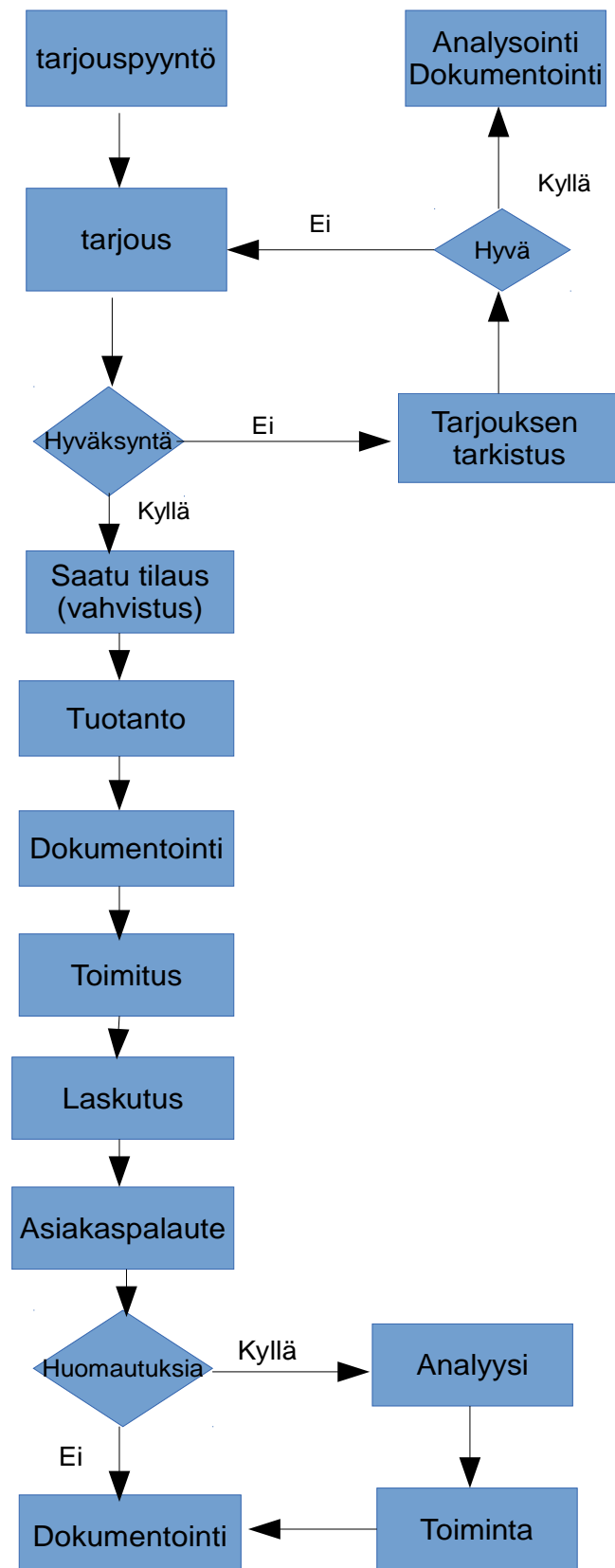
Kunnossapito



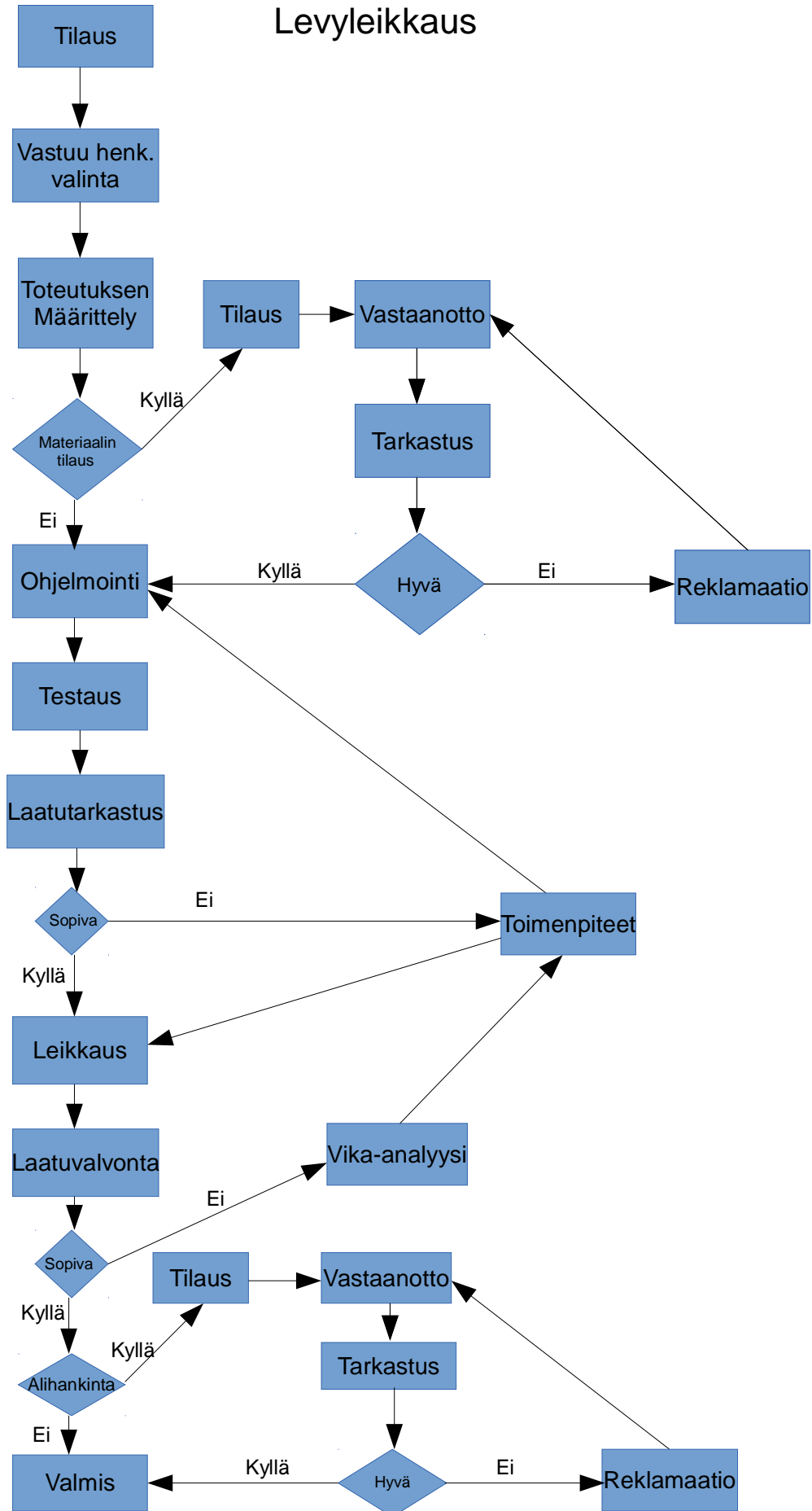
Suunnittelu



Tilaus



Levyleikkaus



Teräsrakenne

